

ISSN: 2789-0953

2024 / №4 (1)



# ЗАХИРАҶОИ ОБ, ЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ

Институти масъалаҳои об,  
гидроэнергетика ва экологияи  
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон



[www.majalla.imoge.tj](http://www.majalla.imoge.tj)

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии  
Национальной академии наук Таджикистана

## WATER RESOURCES, ENERGETICS AND ECOLOGY

Institute of water problems, hydropower and ecology  
of the National academy of sciences of Tajikistan

**МАҶАЛЛАИ ИЛМИИ  
«ЗАХИРАҶОИ ОБ, ЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ»-И  
ИНСТИТУТИ МАСЪАЛАҶОИ ОБ, ГИДРОЭНЕРГЕТИКА  
ВА ЭКОЛОГИЯИ АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ  
ИЛМҶОИ ТОҶИКИСТОН**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
«ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ»  
ИНСТИТУТА ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ,  
ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА**

**SCIENTIFIC JOURNAL  
“WATER RESOURCES, ENERGETICS AND ECOLOGY” OF THE  
INSTITUTE OF WATER PROBLEMS, HYDROPOWER  
AND ECOLOGY OF THE NATIONAL  
ACADEMY OF SCIENCES OF TAJIKISTAN**

**ДУШАНБЕ - 2024**

**Сармуҳаррир** – доктори илмҳои техники, дотсент Амирзода О.Х.  
**Муовини сармуҳаррир** – номзади илмҳои техники, дотсент Курбонов Н.Б.  
**Котиби масъул** – доктори меъморӣ, профессор Ҳасанов Н.Н.

**Ҳайъати таҳририя:**

Абдуллоев С.Ф. – доктори илмҳои физикаю математика;  
Абдушукуров Ҷ.А. – номзади илмҳои физикаю математика;  
Азизов Р.О. – доктори илмҳои техники, профессор;  
Давлатшоев С.Қ. – номзади илмҳои техники;  
Қодиров А.С. – номзади илмҳои техники;  
Қориева Ф.А. – номзади илмҳои биология;  
Муртазоев У.И. – доктори илмҳои география, профессор;  
Носиров Н.Қ. – доктори илмҳои техники;  
Пулатов Я.Э. – доктори илмҳои кишоварзӣ, профессор;  
Расулов Р.Х. – доктори илмҳои техники, профессор (Ўзбекистон);  
Сатторов С.А. – номзади илмҳои физикаю математика, дотсент (Ўзбекистон);  
Сафаров М.М. – доктори илмҳои техники, профессор;  
Степанова Н.Н. – номзади илмҳои техники;  
Фазылов А.Р. – доктори илмҳои техники, дотсент;  
Ҳақдод М.М. – доктори илмҳои техники, профессор, узви вобастаи АМИТ;  
Шаймуродов Ф.И. – номзади илмҳои техники.

\*\*\* \*\*

**Главный редактор** – доктор технических наук, доцент Амирзода О.Х.

**Заместитель главного редактора** – кандидат технических наук, доцент Курбонов Н.Б.

**Ответственный секретарь** – доктор архитектуры, профессор Ҳасанов Н.Н.

**Chief Editor** – Doctor of Technical Sciences, Docent Amirzoda O.H.

**Deputy chief editor** – Candidate of Technical Sciences, Docent Kurbonov N.B.

**Executive Secretary** – Doctor of Architecture, Professor Hasanov N.N.

**Редакционная коллегия:**

Абдуллаев С.Ф. – доктор физико-математических наук; Абдушукуров Дж.А. – кандидат физико-математических наук; Азизов Р.О. – доктор технических наук, профессор; Давлатшоев С.К. – кандидат технических наук; Кариева Ф.А. – кандидат биологических наук; Кодиров А.С. – кандидат технических наук; Муртазаев У.И. – доктор географических наук, профессор; Насыров Н.К. – доктор технических наук; Пулатов Я.Э. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Расулов Р.Х. – доктор технических наук, профессор (Узбекистан); Сатторов С.А. – кандидат физико-математических наук, доцент (Узбекистан); Сафаров М.М. – доктор технических наук, профессор; Степанова Н.Н. – кандидат технических наук; Фазылов А.Р. – доктор технических наук, доцент; Хақдод М.М. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАНТ; Шаймуродов Ф.И. – кандидат технических наук.

**Editorial team:**

Abdullaev S.F. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Abdushukurov J.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences; Azizov R.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor; Davlatshoev S.K. – Candidate of Technical Sciences; Fazilov A.R. – Doctor of Technical Sciences, Docent; Karieva F.A. – Candidate of Biological Sciences; Khakdod M.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAST; Kodirov A.S. – Candidate of Technical Sciences; Murtazaev U.I. – Doctor of Geography, Professor; Nasirov N.K. – Doctor of Technical Sciences; Pulatov Ya.E. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Rasulov R.Kh. – Doctor of Technical Sciences, Professor (Uzbekistan); Safarov M.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor; Sattarov S.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent (Uzbekistan); Shaymuradov F.I. – Candidate of Technical Sciences; Stepanova N.N. – Candidate of Technical Sciences.

Маҷалла моҳи марти соли 2021 таъсис ёфтааст. Маҷалла 16 марти соли 2021 таҳти №191-МҚ-97 дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст.

Журнал основан в марте 2021 года. Журнал зарегистрирован 16 марта 2021 года под №191-МҚ-97 Министерством культуры Республики Таджикистан

The journal was founded in March 2021. The journal was registered on 16 March 2021, under No.191-МҚ-97 by the Ministry of Culture of the Republic of Tajikistan.

Бо қарори Комиссияи олии аттестационии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 25 майи соли 2023, №6 Маҷаллаи илми «Захираҳои об, энергетика ва экология» ба Феҳристи маҷаллаҳои (нашрияҳои) илми тақризшавандаи Ҷумҳурии Тоҷикистон ворид карда шуд.

По решению Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 25 мая 2023 года, №6 Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» внесен в список рецензируемых научных журналов (публикации) Республики Таджикистан.

## МУНДАРИЧА

### ЗАХИРАҲОИ ОБ

Набиев З.А., Ахмадов П.М., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х. ХУСУСИЯТҲОИ ТАШАККУЛЁБӢ ВА АРЗЁБИИ СИФАТИ ОБҲОИ ПАРТОВИ САТҲӢ АЗ РӢИ ТАРКИБИ МЕТАЛҲОИ ВАЗНИН	9
Мачидов О.Ш. Муртазоев У.И. ТАҒЙИРЁБИИ САТҲИ ОБИ КӢЛИ КУЛИКАЛОН (дар гузашта ва ҳолати имрӯза)	17
Наврузшоев Ҳ.Д., Фазылов А.Р., Қурбонмамадова А.Ш. ТАЪСИРИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ БА ЯХБАНДӢ ВА ЗАХИРАҲОИ ОБИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ҒУНД	23
Шарофиддинов С.С. ТАЪСИРИ ТАҒЙИРЁБИИ БУЗУРГИҲОИ МЕТЕОРОЛОГӢ БА ЗАХИРАҲОИ ОБИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ҒУНД ДАР ШАРОИТИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ	35
Талабов О.Д., Рауфов Р.Н. ТАДҚИҚИ НАЗАРИЯВИИ ҲАВЗАИ ЯХШАВИИ ПИРЯХИ ВАНЧЯХ (ФЕДЧЕНКО)	44
Ашуров Х.Ё. УСУЛИ ТУРБИДИМЕТРИИ МУАЙЯНКУНИИ ТИРАГИИ ОБҲОИ ШАХТАВӢ	54
Икромов И.И., Икромов И.И., Икромӣ М.И. ЗАХИРАҲОИ ОБӢ ВА ТАЪМИН БУДАН БО ОБ – ОМИЛҲОИ АСОСИИ ТАЪМИНКУНАНДАИ НЕКӢАҲВОЛИИ АҲОЛӢ ВА РУШДИ ИСТЕҲСОЛОТ	57

### ЭНЕРГЕТИКА

Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Чамолзода Б.С. МЕӢЁРҲОИ БАҲОДИҲИИ ИСТИФОДАБАРИИ МАНБАӢҲОИ БАРҚАРОРШАВАНДАИ ЭНЕРГИЯ ДАР СИСТЕМАИ ТАЪМИНИ БАРҚИ НОҲИЯИ МУРҒОБИ ҚУМҲУРИИ ТОЧИКИСТОН	66
Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Чамолзода Б.С. ИСТИФОДАБАРИИ КОМПЛЕКСҲОИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИИ ГИБРИДӢ БАРОИ ТАЪМИНИ БАРҚИ ИНФРАСОХТОРИ БАЛАНДКУҲИ ШАРҚИИ МУРҒОБ	73
Раҳмонов Ш.С., Гулаҳмадов А.А., Ҳасанов Б.М., Қурбонализода С.Ш. ТАЪМИНИ ГАРМӢ БО ИСТИФОДА АЗ НЕРУИ ОҲТОБӢ ДАР ТОЧИКИСТОН	81
Насруллоев Ф.Х., Ҳасанов Қ.Р. САМАРАНОКИИ ИҚТИСОДИИ ГАРМИМУБОДИЛАКУНАНДАҲОИ ЛАВҲАГӢ (ПЛСАТИНЧАТӢ) ДАР СИСТЕМАИ ОБИ ГАРМТАЪМИНКУНӢ	86
Давлатшоев С.К., Амирзода М.Х., Мирзоева Б.М. ҲАРОРАТСАНҚ - ҲИСОБКУНАКИ ГАРМӢ. ҚИСМИ 1. ЧЕНКУНИИ ҚАРАӢНИ ГАРМӢ ДАР ЧОҲҲОИ ПЕЗОМЕТРӢ	91
Саидзода Х.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Чамолзода Б.С. ТАҲЛИЛИ РЕҶАҲОИ МУҚАРРАРИИ КОРИИ ГЕНЕРАТОРИ АСИНХРОНӢ БАРОИ ДАСТГОҲҲОИ ЭНЕРГЕТИКИИ БОДӢ	99

Чамолзода Б.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Саидзода Х.С. МОДЕЛКУНОНИИ РАВАНДИ ЧЕНКУНИИ ПАРАМЕТРҲОИ ШАБАКАИ ЭЛЕКТРОТАЪМИНКУНӢ ДОРОИ БОРИ ЭЛЕКТРИКИИ МУҲАРРИКӢ ҲАНГОМИ РАСИШИ КӢТОҲ	108
Гулмуродзода С.Г., Исмоилов Ф.О., Саидзода Х.С., Чамолзода Б.С. ПАЙВАСТКУНИИ ЯКФАЗАИ АВТОМАТИИ ТАКРОРӢ ДАР ХАТҲОИ ҲАВОИ БО ИСТИФОДАИ ШУНТ КАРДАНИ АФТОМАТИИ ФАЗАҲО	116

### ЭКОЛОГИЯ

Қориева Ф.А., Рахимов Б., Боев Р.Д. АРЗӢБИИ ЭКОЛОГИИ ГУНОГУНИИ БИОЛОГИИ РАСТАНИҲО ДАР ЗАХИРАИ БИОСФЕРАИ РОМИТ	126
Ҳақдодов А.М., Амирзода О.Ҳ., Ҳақдод М.М. ДАР БОРАИ ТАКМИЛ ДОДАНИ СИСТЕМАИ МОНИТОРИНГИ СИФАТИ ҲАВОИ АТМОСФЕРА	132
Абдуллозода С.Ф., Азизова Ш.М., Абдуллоева С.Дж., Холмуродов М. БО АЭРОЗОЛ ИФЛОСШАВИИ АТМОСФЕРАИ ДУШАНБЕ	141
Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Гулаёзов М.Ш. Наврӯзшоев Ҳ.Д., Мамадҷонов Ю. МОНИТОРИНГ ВА ТАҲЛИЛИ ВАЗӢИ КУНУНИИ ХАТАРҲОИ ТАБИӢ ДАР ТОҶИКИСТОН: ҲАМГИРОИИ ҲАВОПАЙМОҲОИ БЕСАРНИШИН ВА МАӢЛУМОТҲОИ ЗОНДКУНИИ ФОСИЛАИ ЗАМИН	151
Валиев Н.Р., Абдуллозода С.Ф. ТАДҚИҚИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ТАРКИБИ ГИӢҲИ ШИРИНБИЯ ( <i>Glycyrrhiza glabra</i> )	166
Хучаев П.С., Исмадуллозода Ҷ.И., Саидзода Ҷ.Ҳ., Бобоев С.М. ҶАБҲАҲОИ ЭКОЛОГИИ БУНӢДИ БИНОҲОИ ЭНЕРГИЯСАМАРАНОК АЗ МАСОЛЕҲҲОИ ТАБИӢ	173
Азизов Р.О., Мамадов И.А. ТАТБИҚИ СИСТЕМАҲОИ АВТОМАТИИ МОНИТОРИНГИ СИФАТИ ҲАВО	182
Амирзода О.Ҳ., Ғанизода Ҷ.Ш., Ҳасанов Ф.Н., Сафарзода Д.Ғ. МУНОСИБГАРДОНИИ НИШОНДОДҲОИ ФИЗИКИИ КОНСТРУКСИЯҲОИ ТАВОРАВӢ ДАР ШАРОИТИ ИҚЛИМИ ГАРМ	190

## СОДЕРЖАНИЕ

### ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Набиев З.А., Ахмадов П.М., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ	9
Маджидов О.Ш., Муртазаев У.И. ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КУЛИКАЛОНСКОГО ОЗЕРА (на историческом и современном уровне)	17
Наврузшоев Х.Д., Фазылов А.Р., Курбонмамадова А.Ш. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ОЛЕДЕНЕНИЕ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАСЕЙНА РЕКИ ГУНТ	23
Шарофиддинов С.С. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАСЕЙНА РЕКИ ГУНТ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	35
Талабов О.Д., Рауфов Р.Н. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАСЕЙНА ОЛЕДЕНЕНИЯ ЛЕДНИКА ВАНДЖЯХ (ФЕДЧЕНКО)	44
Ашуров Х.Ё. ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МУТНОСТИ ШАХТНЫХ ВОД	54
Икромов И.И., Икромов И.И., Икромии М.И. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ – ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧИВАЮ- ЩИЕ БЛАГОСОСТОЯНИЯ НАРОДА И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА	57

### ЭНЕРГЕТИКА

Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Джамолзода Б.С. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В МУРГАБСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	66
Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Джамолзода Б.С. ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОСТОЧНОГО ВЫСОКОГОРНОГО МУРГАБА	73
Рахмонов Ш.С., Гулахмадов А.А., Хасанов Б.М., Курбонализода С.Ш. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТАДЖИКИСТАНЕ	81
Насруллоев Ф.Х., Хасанов Дж.Р. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАСТИНАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ В СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	86
Давлатшоев С.К., Амирзода М.Х., Мирзоева Б.М. ТЕРМОМЕТР – ТЕПЛОМЕР. ЧАСТЬ 1. ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИХ СКВАЖИНАХ	91
Саидзода Х.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Джамолзода Б.С. АНАЛИЗЫ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	99

Джамолзода Б.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Саидзода Х.С. 108  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, СОДЕРЖАЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНУЮ  
НАГРУЗКУ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

Гулмуродзода С.Г., Исмоилов Ф.О., Саидзода Х.С., Джамолзода Б.С. 116  
ОДНОФАЗНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ  
В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
ШУНТИРОВАНИЯ ФАЗЫ

### ЭКОЛОГИЯ

Кариева Ф.А., Рахимов Б., Боев Р.Д. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА 126  
БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В БИОСФЕРНОМ  
РЕЗЕРВАТЕ РОМИТ

Хакдодов А.М., Амирзода О.Х., Хакдод М.М. О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ 132  
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Абдуллозода С.Ф., Азизова Ш.М., Абдуллоева С.Дж., Холмуродов М. 141  
АЭРОЗОЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ Г. ДУШАНБЕ

Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Гулаёзов М.Ш., Наврузшоев Х.Д., 151  
Мамаджанов Ю.М. МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО  
СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ В ТАДЖИКИСТАНЕ:  
ИНТЕГРАЦИЯ БПЛА И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Валиев Н.Р., Абдуллозода С.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ 166  
МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ТРАВЫ СОЛОДКА ГЛАДКАЯ (*Glycyrrhiza glabra*)

Хужаев П.С., Исмадуллозода Дж.И., Саидзода Дж.Х., Бобоев С.М. 173  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО  
ДОМА ИЗ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Азизов Р.О., Мамадов И.А. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ 182  
СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

Амирзода О.Х., Хасанов Ф.Н., Хасанов Н.Н., Сафарзода Д.Г. 190  
ОПТИМИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОГРАЖДАЮЩИХ  
КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

## **TABLE OF CONTENTS**

### **WATER RESOURCES**

Nabiev Z.A., Akhmadov P.M., Sharifzoda Sh.K., Amirzoda O.Kh. FEATURES OF FORMATION AND QUALITY ASSESSMENT OF SURFACE WASTEWATER BY CONTENT HEAVY METALS	9
Majidov O.Sh., Murtazaev U.I. CHANGES IN THE LAKE KULIKALON LAKE (at historical and modern level)	17
Navruzshoev H. D., Fazylov A. R., Kurbonmamadova A. Sh. IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON GLACIATION AND WATER RESOURCES IN THE GUNT RIVER BASIN	23
Sharofiddinov S.S. INFLUENCE OF CHANGES IN METEOROLOGICAL PARAMETERS ON WATER RESOURCES OF THE GUNT RIVER BASIN UNDER CLIMATE CHANGE	35
Talabov O.D., Raufov R.N. THEORETICAL STUDIES OF THE GLACIATION BASIN OF THE VANDZHIAKH GLACIER (FEDCHENKO)	44
Ashurov H.E. TURBIDIMETRIC METHOD FOR DETERMINING TURBIDITY OF MINE WATERS	54
Ikromov I.I., Ikromov I.I., Ikromi M.I. WATER RESOURCES AND WATER AVAILABILITY ARE THE MAIN FACTORS ENSURING THE WELFARE OF THE PEOPLE AND THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION	57

### **ENERGETICS**

Saidzoda Kh.S., F.O. Ismoilov F.O., Gulmurodzoda S.G., Jamolzoda B.S. CRITERIA FOR EVALUATING THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE ELECTRIC SUPPLY SYSTEM IN THE MURGAB DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN	66
Saidzoda Kh.S., F.O. Ismoilov F.O., Gulmurodzoda S.G., Jamolzoda B.S. APPLICATION OF HYBRID ELECTRICAL COMPLEXES FOR POWER SUPPLY INFRASTRUCTURE OF THE EASTERN HIGH MOUNTAIN MURGAB	73
Rakhmonov Sh.S., Gulakhmadov A.A., Hasanov B.M., Qurbonalizoda S.Sh. HEAT SUPPLY BASED ON SOLAR ENERGY IN TAJIKISTAN	81
Nasrulloev F.Kh., Hasanov J.R. ECONOMIC EFFICIENCY OF PLATE HEAT EXCHANGERS IN HOT WATER SUPPLY SYSTEMS	86
Davlatshoev S.K., Amirzoda M.Kh., Mirzoeva B.M. THERMOMETER - HEAT METER. PART 1. HEAT FLOW MEASUREMENTS IN PIEZOMETRIC WELLS	91
Saidzoda H.S., Ismoilov F.O., Gulmurodzoda S.G., Jamolzoda B.S. ANALYSIS OF STEADY-STATE OPERATING MODES OF AN ASYNCHRONOUS GENERATOR FOR WIND POWER INSTALLATIONS	99

Jamolzoda B.S., Ismoilov F.O., Gulmurodzoda S.G., Saidzoda Kh.S. MODELING PROCESSES OF CHANGING PARAMETERS OF A POWER SUPPLY NETWORK CONTAINING A MOTOR LOAD DURING A SHORT CIRCUITS	108
Gulmurodzoda S.G., Ismoilov F.O., Saidzoda Kh.S., Jamolzoda B.S. SINGLEPHASE AUTORECLOSING IN OVERHEAD LINES USING AUTOMATIC PHASE SHUNTING	116
<b>ECOLOGY</b>	
Karieva F.A., Rahimov B., Boev R.D. ECOLOGICAL ASSESSMENT OF VEGETATION BIODIVERSITY IN THE ROMIT BIOSPHERE RESERVE	126
Haqdodov A.M., Amirzoda O.Kh., Haqdod M.M. ON IMPROVING THE SYSTEM FOR MONITORING ATMOSPHERIC AIR QUALITY	132
Abdullozoda S.F., Azizova Sh.M., Abdulloeva S.J., Kholmurodov M. AEROSOL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE IN DUSHANBE	141
Safarov M.S., Fazilov A.R., Gulayozov M.Sh. Navruzshoev H.D., Mamadjonov Yu. MONITORING AND ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF NATURAL HAZARDS IN TAJIKISTAN: INTEGRATION OF UAVS AND EARTH REMOTE SENSING DATA	151
Valiev N.R., Abdullozoda S.F. RESEARCH OF HEAVY METALS IN THE COMPOSITION OF LIQUORICE HERB ( <i>Glycyrrhiza glabra</i> )	166
Khudzhaev P.S., Ismatullozoda D.I., Saidzoda J.H., Boboev S.M. ENVIRONMENTAL ASPECTS AND IDEAS WHEN CREATING ENERGY-EFFICIENT HOUSES FROM RAW MATERIALS	173
Azizov R.O., Mamadov I.A. APPLICATION OF AUTOMATED AIR QUALITY MONITORING SYSTEMS	182
Amirzoda O.H., Ganizoda J.Sh. Khasanov F.N., Safarzoda D.G. OPTIMIZATION OF PHYSICAL PARAMETERS OF ENCLOSING STRUCTURES IN HOT CLIMATES	190

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*Набиев З.А., Ахмадов П.М., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х.  
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ  
Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими  
Таджикский национальный университет*

**Аннотация.** Приводятся результаты НИР, выполненных по Яванскому району. Цель работы - внедрение ГИС для составления серии карт климатических ресурсов, используемых в сельскохозяйственном производстве. Работа по составлению карт выполнялась с использованием программы ArcGIS-9.2. Исходные цифровые, использованные для работы, климатические параметры взяты из Справочника по климату СССР. С использованием ГИС технологий, для характеристики климатических ресурсов, впервые составлены карты среднегодовой температуры воздуха, суммы температур выше 10°C, суммы годовых атмосферных осадков, коэффициента увлажнения.

**Ключевые слова:** ГИС- геоинформационные системы, ДЗ-дистанционное зондирование, МДЗ-материалы дистанционного зондирования, КС-космические снимки, ДЕМ- Цифровая матрица рельефа.

**Введение.** Важно отметить, что проблема формирования и дальнейшая очистка поверхностных сточных вод (ПСВ) для условий больших городов Таджикистана недостаточно изучена. Хотя ПСВ являются основным источником загрязнения водных объектов, в том числе и воды питьевого качества, тем самым вызывая эвтрофикацию в водоёмах, накопление тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других органических загрязнителей. К ПСВ относятся: дождевые, талые и ливневые осадки, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные и производственные сточные воды, отводимые с территорий промышленных предприятий.

Согласно данным Агентства по ирригации и мелиорации при Правительстве Республики Таджикистан в городе Душанбе функционирует 29 селесбросов с общей длиной 50,3 км и 30 каналов с общей длиной 103,2 км (для предотвращения селевых потоков и наводнений, а также сбора и отведения поверхностного стока и ирригации орошаемых площадей).

Также в настоящее время в городе Душанбе реализуется Генеральный план

развития города на период до 2040 года, и за последние годы инфраструктура города и строительство объектов различного назначения ведётся ускоренным темпом и очень динамично развивается. С учётом расширения города, бурно развивается строительство и реконструкция дорожной инфраструктуры, построены несколько эстакад, и площадь асфальто-бетонных покрытий дорог соответственно увеличивается. Такая ситуация способствует уменьшению объёма фильтрации и испарения дождевых осадков, а количество отводимых поверхностных стоков с автомобильных дорог и мостовых переходов увеличивается, создавая при этом дополнительную нагрузку на лотковую сеть, каналы и селевые сбросы. К тому же, отводящие с полотна дорог поверхностные стоки становятся источником для загрязнения окружающей среды и представляют большую угрозу для водных объектов

Исходя из этого, исследования проблемы формирования и оценки качества поверхностных сточных вод по содержанию тяжёлых металлов и органических

загрязнителей, влияющих на малые реки, является актуальной задачей.

Обзор литературы. В нормативном документе СНИП РТ 40-02-2021 «Водоотведение. Наружные сети и сооружения» [1] приводятся расчёты по дождевым стокам и их примерные параметры поверхностных сточных вод. Также в данном документе рекомендуется, что поверхностные сточные воды следует аккумулировать в накопителях и подавать в систему водоотведения в часы минимального притока городских сточных вод. Согласно схеме водоотведения поверхностных сточных вод с территорий населённых пунктов и промышленных предприятий следует их очищать совместно и в отдельности. Однако в условиях города поверхностные стоки отводятся через лотковую сеть, каналы и селесбросы, где далее впадают в водные объекты различного назначения.

Анализ некоторых работ российских учёных показывает, что содержание тяжёлых металлов и нефтепродуктов в поверхностных сточных водах в крупных городах год за годом увеличивается. Приводятся данные, что концентрации тяжёлых металлов и других органических загрязнителей в талых стоках наиболее высоки, значительно превышая не только существующие нормативы водоотведения, но и показатели состава этих вод, рекомендованные для расчётов систем водоочистки при их проектировании. Отмечается заметное ухудшение качества вод, особенно средних и малых рек за счёт сброса поверхностных стоков. Для сохранения водной экосистемы предлагается использовать дополнительную глубокую очистку на основе сорбционно-фильтрационной технологии. Разработаны различные установки и конструкции, позволяющие обеспечить очистку поверхностноливневых сточных вод в соответствии с действующими нормами, которые способствуют предотвращению засоре-

ния и нарушению работы городских канализационных сетей, и загрязнения водных объектов [2-4].

Цель исследования. Цель данного исследования заключается в оценке состояния и качества поверхностных сточных вод по содержанию тяжёлых металлов, а также разработка рекомендаций и предложений по сохранению водной экосистемы реки Душанбинка.

Объект исследования. Поверхностные сточные воды и их состав являются объектами исследования.

Методы исследования. Сбор и анализ поверхностных сточных вод с территорий города Душанбе показывают достаточно высокий уровень загрязнённости. Концентрация загрязняющих веществ в составе дождевых стоков в течение года для современной жилой застройки примерно колеблется в пределах 80-90% взвешенные вещества, 8-10% БПК<sub>20</sub> и 1,5-3% нефтепродукты, а для талых вод уровень загрязнения более высокий и соответственно составляет до 95% взвешенные вещества, до 4% БПК<sub>20</sub> и 2% нефтепродукты. Кроме того, в составе дождевых и талых вод высокие концентрации имеют примеси тяжёлых металлов и органические соединения.

В таблице 1 приводится примерный состав поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий [1].

Анализ состава поверхностных сточных вод для условий города Душанбе показывает, что высокое содержание взвешенных веществ зависит от интенсивности и длительности дождевых и ливневых стоков, а территории, прилегающие к промышленным объектам, и большие потоки движения автотранспорта на магистральных дорогах влияют на загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами и тяжёлыми металлами.

Таблица 1

## Примерный состав концентрации поверхностного стока

Площадь стока	Дождевой сток			Талый сток		
	Взвешенные вещества, г/дм <sup>3</sup>	БПК <sub>20</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	Взвешенные вещества, г/дм <sup>3</sup>	БПК <sub>20</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий	400	40	8,0	2000	70	20,0
Современные жилые застройки	650	60	12,0	2500	100	20,0
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1000	80	20,0	3000	120	25,0
Территории, прилегающие к промышленным объектам	2000	90	18,0	4000	150	25,0
Кровли зданий и сооружений	Менее 20	Менее 10	От 0,01 до 0,70	Менее 20	Менее 10	От 0,01 до 0,70
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	300	60	Менее 1,0	1500	100	Менее 1,0

Согласно [1] значение интенсивности дождя для условий города Душанбе на площади 1 га, при продолжительности до 20 мин, составляет примерно 70 дм<sup>3</sup>/с (рис.1). По данным метеорологических станций Агентства по гидрометеорологии за последние годы, усиливается интенсивность выпадения осадков за весенний, и за холодный период года. За последние 30 лет, начиная с 90-х годов, на территории города Душанбе объём выпадения атмосферных осадков имеет тенденцию к увеличению и в 2022 г. практически возрастает на 30-40% [5].

Для определения качественных характеристик состава поверхностных сточных вод с территории города Душанбе нами выбраны отборы проб талых стоков в четырёх точках города. Пробы от дождевых стоков были выбраны от селесбросов

перед впадением в реку Душанбинка. Образцы проб были выбраны в середине, и в конце января 2023 года, во время обильных дождевых осадков и снегопадов. Отбираемые пробы подвергались выпариванию. Процесс выпаривания проводился с целью удаления растворителя из раствора, а также для повышения концентрации раствора.

Процесс выпаривания проводили в фарфоровых чашках. Объём раствора выбирали не более чем на 30 % чашки по высоте. При выпаривании периодически перемешивали выпариваемую жидкость, разбивая корочку кристаллов на поверхности жидкости. После, выпариваемое вещество сушили в сушильном шкафу, с целью освобождения вещества от влаги воды и паров.

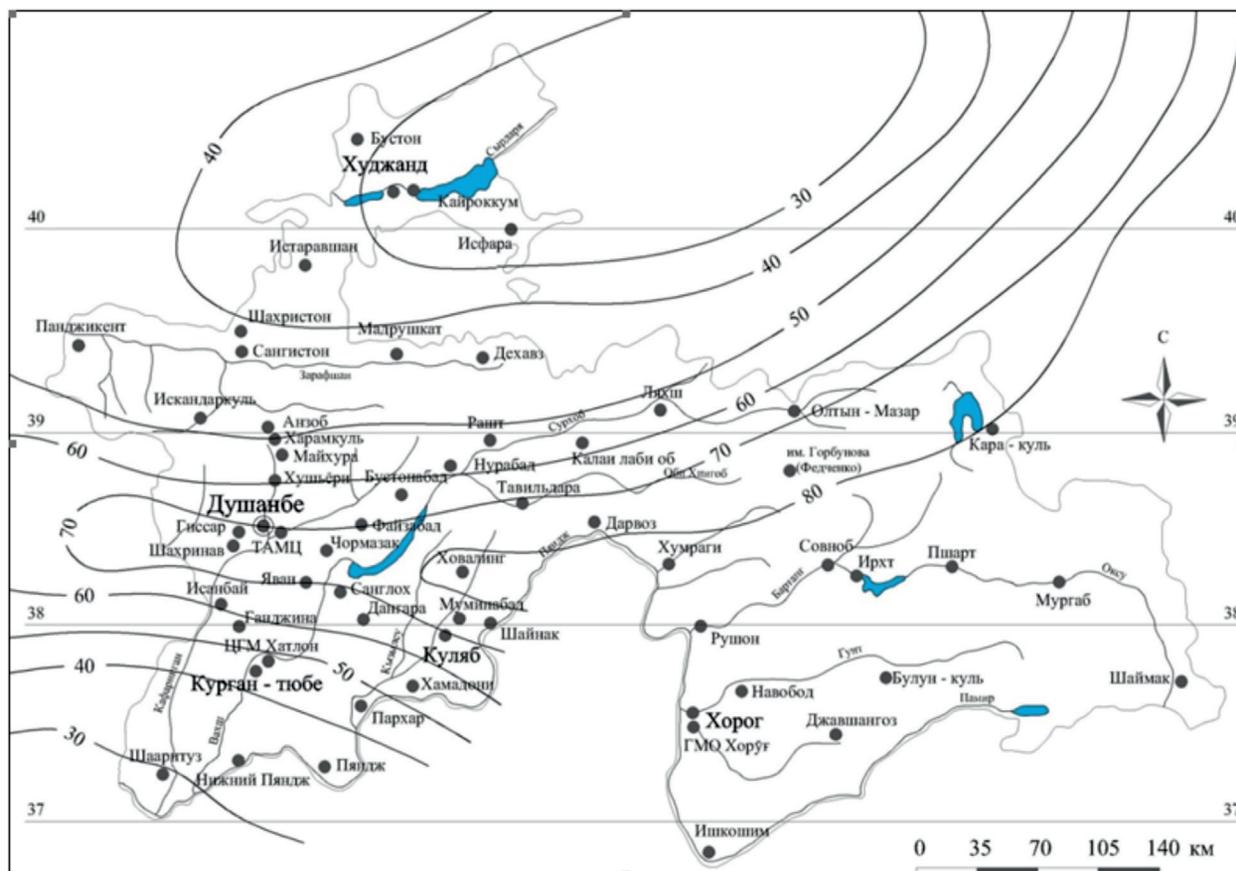


Рисунок 1. - Значения величин интенсивности дождя  $q_{20}$  [1]

В лабораторных условиях нами было выпарено и высушено 5 проб воды, объём которых составлял 5 л. В результате про-

ведённых процессов осадки взвешивались в аналитических весах. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вес осадков после процессов выпаривания и высушивания

№	Название пробы	Вес, в граммах
1	Селесброс «Шураксой»	3,612
2	Селесброс «Карамова»	4,332
3	Селесброс «Шотемура»	0,836
4	1А	3,568
5	2А	1,644

Далее, анализ осадков продолжался в рентгенно-флуоресцентном анализаторе (РФА) типа NitonXL3t, который имеет высокую чувствительность >10<sup>-6</sup> г/г или 1 мкг/г. РФА относится к инструментальным методам определения элементного состава и позволяет определять концентрации элементов от К до U, безотноси-

тельно от формы их нахождения в веществе. Типичный диапазон определяемых содержаний для РФА составляет от n\*1 мкг/г до 100%.

В таблице 3 представлены концентрации загрязняющих веществ дождевого и талого стока по тяжёлым металлам для условий города Душанбе.

Таблица 3

Характеристика состава загрязнённости поверхностного стока по некоторым тяжёлым металлам, отводимым с территории города

Наименование загрязнений	Ед. изм.	Дождевой сток	Талый сток
Тяжелые металлы: Железо (общ.)	мг/дм <sup>3</sup>	3,49	2,6
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,010	0,035
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,077	0,031
Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	1,04	1,73
Свинец	мг/дм <sup>3</sup>	0,049	0,44
Хром	мг/дм <sup>3</sup>	0,159	0,139
Никель	мг/дм <sup>3</sup>	0,069	0,071

Как видно по данным таблицы 3 химический состав поверхностных стоков по некоторым тяжёлым металлам превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК), предъявляемые для хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного назначения. Это свидетельствует о том, что

состав поверхностных стоков в основном зависит от многих факторов, среди которых самым существенным является интенсивность осадков. На рис.2 приводится диаграмма содержания исследуемых металлов загрязнителей в дождевых и талых стоках.

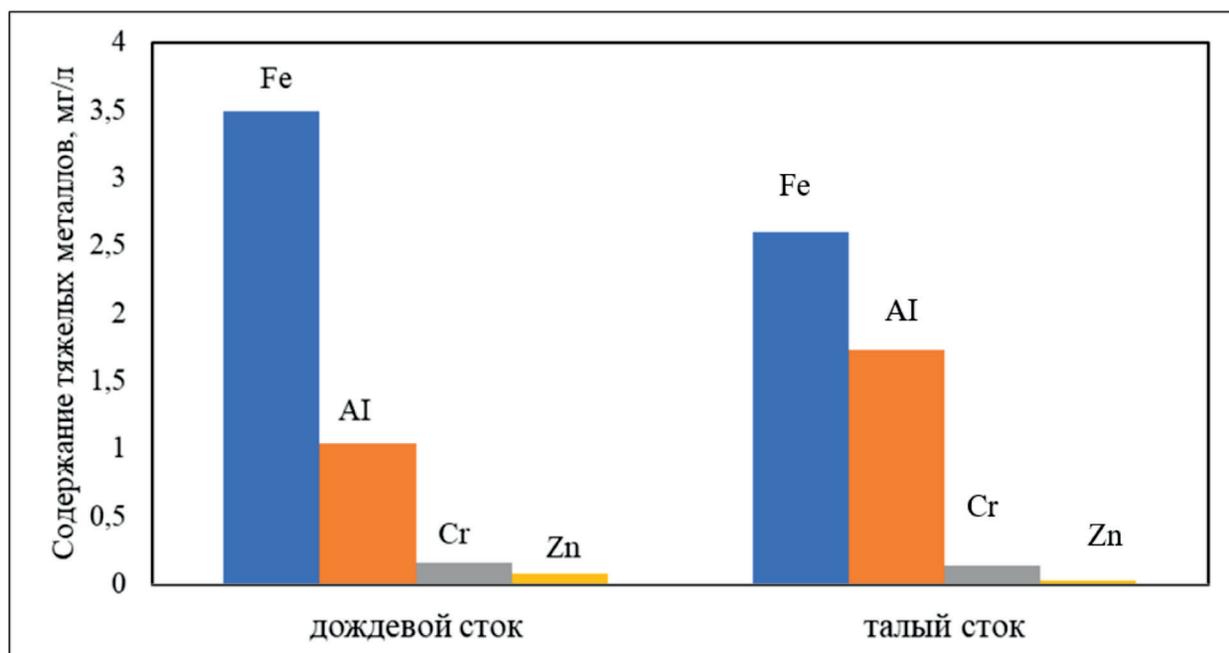


Рисунок 2. – Содержание некоторых тяжёлых металлов в дождевых и талых стоках

Соотношение концентраций некоторых тяжёлых металлов в селевых сбросах, выбрасываемых в реку Душанбинка

Местоположение	Концентрации средних значений тяжёлых металлов в селевых сбросах, мг/дм <sup>3</sup>						
	Fe	Cu	Zn	Al	Pb	Cr	Ni
Селесброс «Шураксой»	3,37	0,024	0,068	3,87	0,030	0,164	0,457
Селесброс «Карамова»	3,02	0,045	0,186	5,31	0,023	0,116	0,497
Селесброс «С. Насирова»	1,08	0,026	0,092	1,77	0,031	0,082	0,632
Селесброс «Шотемур»	2,01	0,010	0,436	2,21	0,049	0,151	0,357

Судя по данным таблицы 4, по четырём тяжёлым металлам фиксируется превышение значений ПДК для хозяйственно-бытовых и рыбохозяйственных водоёмов, это по железу, алюминию, хрому и никелю, а в некоторых случаях и по свинцу. При этом превышение по отношению к ПДК для хозяйственно-питьевых водоёмов наблюдается по содержанию железа и алюминия в десятки раз, а содержание никеля и хрома – в 2 и 4 раза. Также в ряде случаев отмечено превышение содержания свинца чуть больше, чем ПДК. В отношении содержания всех прочих тя-

жёлых металлов состояние воды селевых сбросов практически удовлетворяет нормативам объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В водах исследуемых селевых сбросах (рис.3.) основным металлом-загрязнителем является железо и алюминий, где повсеместно регистрируются в наибольших концентрациях, или превышающих ПДК. Концентрации остальных металлов, в целом, значительно ниже зафиксированных концентраций железа и алюминия, но тоже нередко превышающих ПДК.

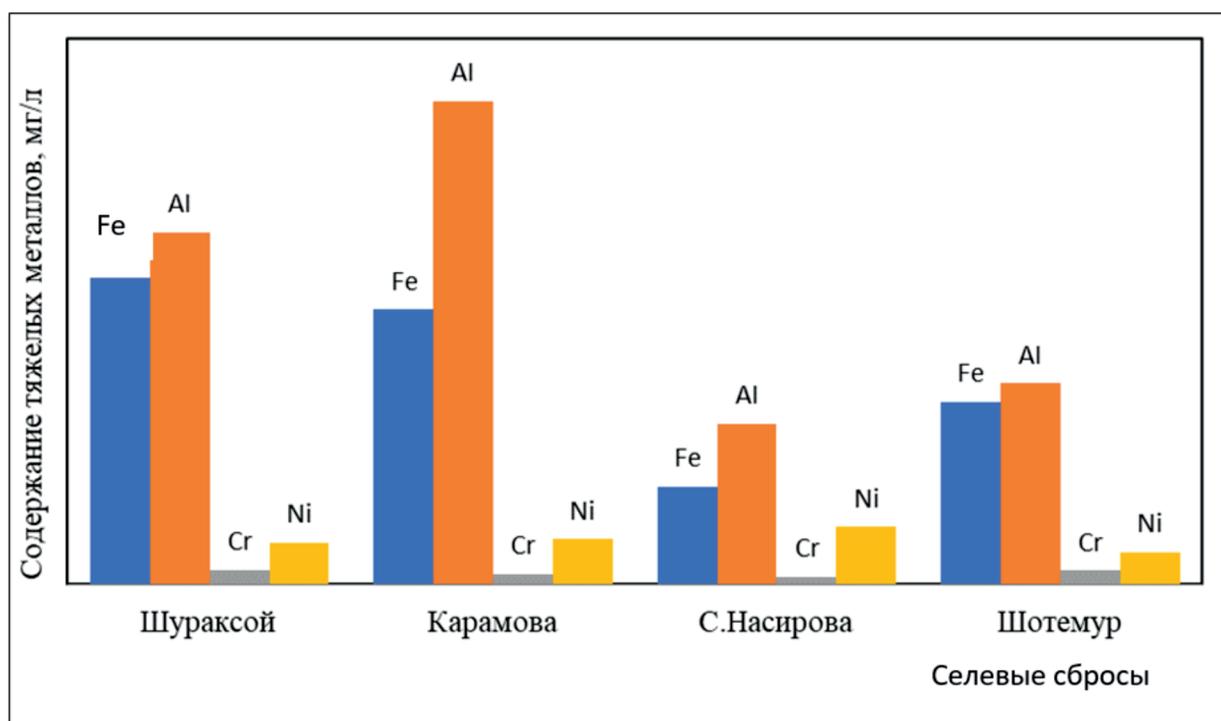


Рисунок 3. – Содержание некоторых тяжёлых металлов в воде селевых сбросов

Концентрации металлов-загрязнителей имеют закономерную тенденцию к повышению при выпусках селевых сбросов в реку, по сравнению с верховыми участками водотоков. Степень антропогенного давления на речные экосистемы, зависящая от объёмов сброса поверхностных сточных вод и степени их очистки, может в значительной степени нивелироваться за счёт снижения критических концентраций до относительно безопасных значений за счёт ассимилятивной разбавляющей способности рек. Это же обстоятельство предохраняет водные экосистемы от возможного формирования ударных концентраций, возможного вследствие сброса больших объёмов поверхностных сточных вод со значительным количеством веществ-загрязнителей. Отмечается ухудшение качества вод реки Душанбинка по содержанию тяжёлых металлов (в наибольшей степени - по железу, алюминию, хрому и никелю, а в некоторых случаях по свинцу).

**Заключение.** Результаты исследования показывают, что содержание некоторых тяжёлых металлов и других загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, выбрасываемых в реку Душанбинка через селевые сбросы, особо не представляет опасности для сохранения водной экосистемы реки. Однако в целях комплексной оценки отводимых поверхностных стоков с учётом их химического состава рекомендуется осуществить следующие мероприятия:

- Совершенствовать систему учёта по формированию и отведению поверхностных сточных вод через лотковую сеть, каналов и селевых сбросов;
- Определить методы количественной

и качественной оценки загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты, вследствие смыва поверхностного стока с урбанизированных территорий;

- Проводить постоянный мониторинг и оценку качества состояния рек Душанбинка и Кафирнигана по содержанию металлов – загрязнителей и органическим веществам, уточнять характер и степень антропогенного давления на водные ресурсы и окружающую среду.

#### **Используемая литература**

1. СНИП РТ 40-02-2021 «Водоотведение. Наружные сети и сооружения». г. Душанбе, от 06 апреля 2022 года, №27/р.
2. Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал, №6, 2014, – С. 67–74. doi: 10.5862/МСЕ.50.7
3. С. Эпоян, С. Лукашенко, Н. Гетманец. Технология очистки нефтесодержащих поверхностно-ливневых сточных вод// Motrol. commission of motorization and energetics in agriculture – 2014, vol.16, no. 6, 61-68.
4. Свириденко В.Г., Пырх О.В. Содержание тяжелых металлов и органических компонентов в поверхностных водах рек Гомельской области// Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, № 3 (96), 2016, - С.55 – 60.
5. Набиев З.А., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х. Анализ закономерности выпадения атмосферных осадков и их влияние на способы отведения поверхностных стоков для условий г. Душанбе // Вестник ТНУ. 2023. No 4. С. 51-54.

## ХУСУСИЯТҶОИ ТАШАККУЛЁБӢ ВА АРЗЁБИИ СИФАТИ ОБҶОИ ПАРТОВИ САТҶӢ АЗ РӢИ ТАРКИБИ МЕТАЛҶОИ ВАЗНИН

*Набиев З.А., Ахмадов П.М., Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х.*

**Аннотатсия.** Мақола ба масъалаҳои омӯзиши хусусиятҳои ташаққулёбии обҳои партови сатҳӣ бо дарназардошти арзёбии сифати онҳоваи партови интиқолионҳобаобъектҳои об, баҳшида шудааст. Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ таркиби ифлосшудаи обҳои партови сатҳӣ аз рӯи металҳои вазнин муайян карда шудааст. Муқаррар карда шудааст, таркиби баъзе металҳои вазнин ва дигар моддаҳои ифлоскунанда дар обҳои партови сатҳӣ, ки тавассути селтартоҳо ба дарёи Душанбинка партофта мешаванд, ба объектҳои об ва муҳити зист хатар ва таъсири зиёд надоранд. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқот як қатор тавсияҳо ва пешниҳодҳо барои нигоҳ доштани экосистемаи оби дарё, манзур гардидаанд.

**Калидвожаҳо.** Обҳои партови сатҳӣ, объектҳои об, экосистемаи об, металҳои вазнин, обҳои партови аз борон ва барфи обишуда.

## FEATURES OF FORMATION AND QUALITY ASSESSMENT OF SURFACE WASTEWATER BY CONTENT HEAVY METALS

*Nabiev Z.A., Akhmadov P.M., Sharifzoda Sh.K., Amirzoda O.Kh.*

**Annotation.** The article is devoted to the study of the peculiarities of the formation of surface wastewater, taking into account the assessment of its quality and the conditions of release into a water body. Based on experimental data, the composition of surface runoff pollution in terms of the content of heavy metals was revealed. It has been determined that the content of some heavy metals and other pollutants in surface wastewater discharged through mudflows into the Dushanbinka River does not pose a particular danger to water bodies and the environment. Based on the results of the study, a number of recommendations and proposals were proposed for the preservation of the river's aquatic ecosystem.

**Keywords.** Surface wastewater, water bodies, aquatic ecosystem, heavy metals, rain and melt runoff.

**Сведения об авторах:** Набиев Зоҳир Ахмадович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru; Ахмадов Пайрав Мирзоназарович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Шарифзода Шухрат Курбон – к.т.н., докторант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Амирзода Ориф Хамид - доктор технических наук, доцент, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ, Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

**Маълумот дар бораи муаллифони:** Набиев Зоҳир Ахмадович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru; Ахмадов Пайрав Мирзоназарович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Шарифзода Шухрат Курбон – н.и.т., докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Амирзода Ориф Хамид – доктори илмҳои техникаӣ, дотсент, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

**Information about authors:** Nabiev Zohir Ahmadovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, tel.: 909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru; Ahmadov Payrav Mirzonazarovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, tel.: 987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Sharifzoda Shuhrat Kurbon – candidate of technical sciences, - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, tel.: 110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Amirzoda Orif Hamid - Doctor of Technical Sciences, dotsent, Director of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the NAST, tel.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru

## ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КУЛИКАЛОНСКОГО ОЗЕРА (на историческом и современном уровне)

*Маджидов О.Ш., Муртазаев У.И.*

*Национальная академия наук Таджикистана  
Отдел географии и дистанционного зондирования*

*Аннотация.* Приведены итоги сравнения сведений об озере Куликалон во временном интервале: 1934, 1960, 2020-2023 гг. Установлено, что к лету 2018 г. оно до верха заполняется водой, перестало (за редким исключением), что свидетельствует об косвенном влиянии изменения климата по гидрологию горных водохранилищ.

*Ключевые слова:* озеро Куликалон, рельеф, котловина, река, площадь, плотина, морена, ледники.

**Введение.** Наблюдение и изучение озёр в горных районах вследствие большой расчленённости рельефа, значительных высот, труднодоступности и непредсказуемости климата проводить значительно сложнее, чем на равнинах. По этим причинам многие горные озёра до сих пор остаются неизученными или мало изученными, в т.ч. и их уровнённый режим.

Целью данной статьи является рассмотрение изменений площади зеркала озера Куликалон, за 1934, 1960 гг., в сравнительном плане рассматривается современное состояние (2020-2023 гг.) озера Куликалон, в бассейне реки Киштуд (левый приток р. Зеравшан).

**Материал и методы исследования.** Привлекались данные по параметрам озера по литературным источникам (1934, 1960 гг.), топографическим картам (1975 г.), полевые собственные исследования 2022-2023 г., включающие в себя пошаговый обмер площади озёра, следов подъёма и опускания уровней воды в ней с помощью биноклов и иные результаты мониторинга его состояния, а также интернет-ресурсы.

**Полученные результаты и их обследовании.** Установлено, что котловины озёр возникают под действием различных факторов, формирующих рельеф земной

коры (тектонических движений, водной и ледниковой эрозии и аккумуляции, явлений карста и др.) [2].

Основную роль в формировании и развитии озёр играет географические факторы: рельеф, климат, сток, и иные причины, описанные в работе Б.Д. Зайкова [3].

**Озеро Куликалон** (39°15'10" с.ш.; 68°10'30" в.д.) - второе по величине озеро Фанских гор и с таджикского языка переводится как "большое озеро".

Озеро Куликалон – проточное озеро на территории Пенджикентского района, в Согдийской области Таджикистана. Площадь акватории озера оценивается по-разному 0,52 км<sup>2</sup> [9], 0,6 км<sup>2</sup> [1], а площадь водосбора – 43,9 км<sup>2</sup> [9]. Средняя ширина озера Куликалон составляет 400-600 м, средняя длина 1,5 км, средняя глубина 2,5 м и средний объёмом 2,05 млн. м<sup>3</sup> [1].

Почти замкнутая котловина урочища Куликалона не имеет видимого стока. Узкое ущелье Турушдара загромождено моренными валами, достигающими особенно большой высоты (свыше 150 м) у левого его края.

В начале очень крутого спуска по этому ущелью можно увидеть бурный поток, вырывающийся из-под моренных валов, запирающих котловину.

Склоны долины – почти отвесные, дно сплошь завалено моренами, спускающимися в виде громадных, ясно выраженных уступов и двух небольших ступеней в самом низу спуска.

Падение – чрезвычайно крутое: на протяжении первых пяти километров – около 650 м, отчего река течёт в виде непрерывных каскадов, промыв себе сравнительно узкое русло, прижатое к правому склону долины.

Урочище Куликалон представляет собой обширную котловину с почти горизонтальным дном, сплошь заполненную моренами, густо заросшими арчей, барбарисом, рябиной и т.п. Среди кажущегося хаотического распределения моренных холмов ясно заметно направление бывшего ледника (наибольшего из урочища Чимтарга), двигавшегося на север, прижимаясь к северному же склону этой котловины. Среди этих валунных нагромождений встречаются участки со-

вершенно ровных луговин, это — существовавшие ранней, теперь же спущенные озера.

Подробное описание морфологии озёра Куликалон было приведено ещё 90 лет назад в работах ТПЭ (Таджикско-Памирская экспедиция) в 1934 г. [6] и в книге известного таджикского физ-географа Абророва Х. [1].

Исходя из состояния запруды и морфологии озера Куликалон, мы полагаем, что до появления морен на этом участке был большой обвал, который впоследствии стал причиной огромного моренного скопления.

Сравнивая состояние озера на 1975 г. (рис. 1) и в 2020-2023 гг. можно заметить большой скачок в амплитуде уровня и площади озера. В маловодные сезоны и годы малые озёра вокруг озера Куликалон, расположенные к северу и в восточной части от озера, периодически высыхают.

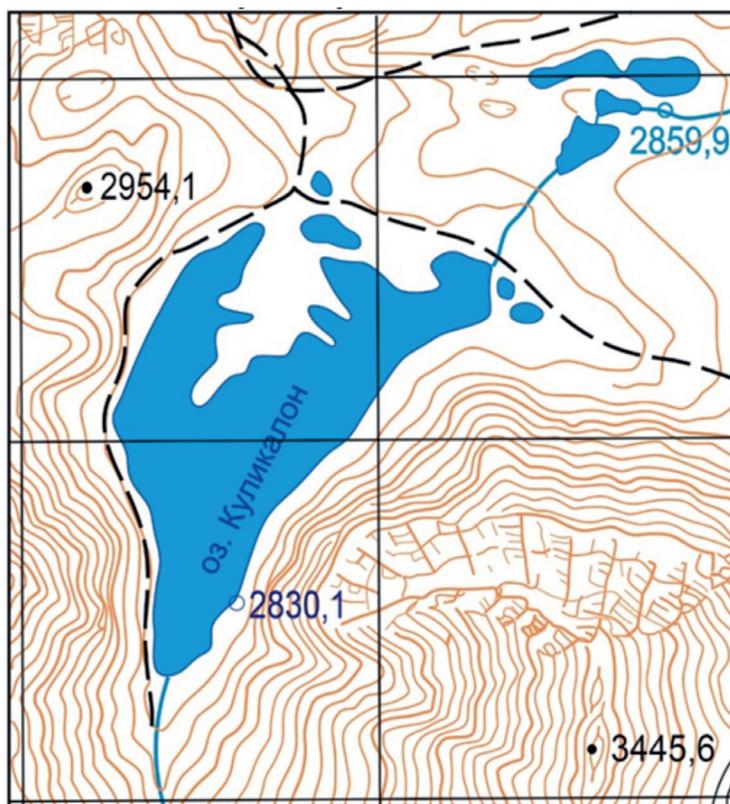


Рисунок 1. Озеро Куликалон (по топографической карте 1975 г.)

Бухта, расположенная на северо-западной части озера в маловодные годы, почти полностью высыхает (рис. 2). Ви-

димо, это связано со следующими обстоятельствами.



Рисунок 2. Бухта озера Куликалон в маловодные годы (рис. из интернет-ресурса)

Для озёр, получающих питание от талых вод ледников и высокогорных снегов, характерен летний максимум уровня.

Уровень одного и того же озера в различные годы может сильно варьировать в зависимости от особенностей метеорологических условий отдельных лет.

Исследователями установлено наличие вековых колебаний уровня озёр. Они имеют определённую периодичность и прослеживаются наиболее ярко в степных озёрах Западной Сибири, Казахстана, Средней Азии, но отмечены и для озёр других районов [2]. Это очень важно, поскольку уровень крупных озёр со слабым водообменном может рассматриваться как индикатор изменений климата на больших территориях [5].

Продолжительность циклов изменений объёма водной массы озёр и связанных с ними колебаний уровня, по исследованиям А.В. Шнитникова, ограничивается периодами в 20-35 лет и 45-50 лет, редко выходя из этих пределов [6].

Изменения и колебания уровней озеровидных водоёмов могут происходить

при флуктуациях объёма водной массы этих водоёмов или при нарушении горизонтального положения их поверхности [2].

Фильтрация воды из озера при этом происходит через перемычки плотинных котловин и водопрводящие породы за пределы озёр.

Весьма вероятно, что кроме причин климатического характера, подобные сильные понижения уровня зависели от усиления стока (результат эрозионной деятельности реки, прорезывающей плотину озера) или же от уменьшения притока воды (захват части бассейна озера гидрографической системой другой реки) [8].

К примеру, в жаркое лето бухта озера Кудикалон переполняется, даже в некоторые многоводные годы соединяется с озером составляя с ним одно целое. Например, летом 2022 г. озеро было многоводным и из-за соединения бухты с озером образовался остров (рис. 3).



*Рисунок 3. Состояние озера Куликалон летом 2022 г. (рис. из интернет- ресурса)*

Кроме того, в этот год чаши, которые в засушливые годы были безводными, заполнились водой (рис. 4).



*Рисунок 4. Заполнение водой котловины на северо-западной части озера (рис. из интернет- ресурса)*

Как мы уже упоминали выше, в литературе, в первую очередь даются морфометрические характеристики озёр (длина, ширина, глубина, площадь зеркала и т. д.). Но наблюдения последних лет (2017-2023 гг.) во время наших экспедиций на него показали, что некоторые из этих морфометрических характеристик

непостоянны. В зависимости от климата, сезона года, береговых процессов у озёр, оползней, лавин и других природных явлений они изменяются.

Полевые исследования, проведённые нами в 2023 г. у озера Куликалон, показали, что за короткое время площадь зеркала озера может значительно увеличиваться, за счёт повышения уровня основного озера и заполнения близлежащих котловин.



Рисунок 5-а и 5-б. Из Куликалон вода стекает в пустую котловину  
(фото Маджидова О.Ш.)

На рисунках 5а и 5б видно, как повышается уровень воды в озере Куликалон, т.е. с берегов, которые ниже остальных, вода переливается на соседнюю котловину. В свою очередь, сливаясь в пустую, рядом лежащую чашу, вода постепенно заполняет и её, до тех пор, пока её уровень с основным озером не сравняется (рис. 5б).

В северо-западной части озера Куликалон отчётливо видны следы отступления озера. В этой части озера можно заметить следы нескольких высохших небольших озёр.

Кроме высохших озёрных чаш, можно заметить также следы высохшего русла реки, которая вытекала из Куликалонского озера раньше (рис. 6а, и 6б).

По свидетельствам очевидца Зеваршо Давлатшоевой (ей на момент написания статьи было 94 года), каждое лето вплоть

Так, например, 25 июля 2023 г. в 13:00 вода в озере Куликалон немного поднялась и перетекла в русло и наполнила водой другую котловину, лежащую рядом с озером, которое когда-то тоже являлось озером. В свою очередь, безводная котловина, размер которой почти в футбольное поле, стала наполняться водой (рис. 5а), и по мере заполнения его площадь постепенно увеличивалась (рис. 5б).

до 1985-86 гг. вода переливалась через плотину, и речка стекала прямо из озера Куликалон. Последний раз это было замечено летом 2018 г. (по рассказу Файзулло, сына Зеваршо Давлатшоевой), который в течение 20 лет каждое лето с июня по сентябрь проживает у озера Куликалон.

В отчёте ТПЭ 1933 г. не указывается о стоке воды через плотину озера Куликалон, т.е. явление стало фиксироваться в конце 1990 г.

Во многих литературных источниках и картах мы встречаем расхождение в абсолютной высоте уровня озера Куликалон. В одних указывается 2832 м [4], в других 2830,1 м [7], и это неудивительно, при таком быстроизменяющемся уровне горных озёр в разные сезоны с ледниковым питанием.



*Рисунок ба и бб. Следы высохшего русла реки, вытекавшей когда-то из Куликалонского озера (фото Маджидова О.Ш.).*

Таким образом морфометрические показатели горных озёр, в частности озера Куликалон, не являются постоянными. За короткий промежуток времени, а иногда и в течении одного года, они могут изменяться в значительных размерах. Поэтому их следует приводить только при полностью заполненном озере с обязательной датой.

Это утверждение носит гипотетический характер, т.к., к сожалению, в настоящее время в бассейне Куликалон нет действующей метеостанции, позволяющей следить за климатическими показателями и изменениями на данном участке, чтобы вести мониторинг за жизнью горных озёр.

#### **Выводы**

1. Колебания уровня режима горных озёр Таджикистана, в частности Куликалон, в большой степени зависят от экзогенных (внешних) факторов и могут служить предиктором изменений климата в горных и предгорных областях.

2. Морфометрические характеристики озёр следует давать при полностью заполненном озере, на установленную дату.

#### **Литература**

1. Аброров Х. Иқтидори иқтисодии захираҳои оби водии Зарафшон. Душанбе. Деваштич, 2005. - 190 с.

2. Богословский Б.Б. Озероведение. Москва, Изд. МГУ. – 332 с. (на ст. 9).
3. Зайков Б.Д. Очерки по озероведению 2-я часть. Л.: Гидрометеоро-логическое издательство, 1960. – 239 с. (на стр. 5, 9).
4. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озёр. - СПб.: изд. РГГМУ, 2009.- 160 с. (на ст. 6).
5. Никитин А.М., Черкасов Л.Г. К вопросу о морфометрии и динамике вод озера Сонкуль. Труды САРНИГМИ, вып. 50(131) Озёра и водохранилища Средней Азии. Л.: Гидрометеоздат, 1977. - с. 31-42,
6. Таджикско-Памирская экспедиция 1933 г. изд. ОНТИ — ГОСХИМ-ТЕХИЗДАТ, 1934 - Ленинградское отделение. - 541с.
7. Топографическая карта 1975 г.
8. Труды Средне - Азиатского Государственного Университета, Серия XII – я, География вып. 3. Молчанов Л.А. Озёра Средней Азии. Изд. Средне - Азиатского Государственного Университета, Ташкент -1929. – 83 с.
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Куликалон>

## ТАҒЙИРЁБИИ САТҲИ ОБИ КЎЛИ КУЛИКАЛОН

(дар гузашта ва ҳолати имрӯза)

*Маҷидов О.Ш. Муртазоев У.И.*

**Аннотатсия.** Натиҷаҳои муқоисаи маълумот дар бораи кӯли Куликалон дар замонҳои гуногун: 1934, 1960, 2020-2023 оварда шудаанд. Муайян карда шуд, ки то тобистони соли 2018 он аз об то боло нур шуда аз болои сарбанд гузашта буд. Пуришавии обу кӯл солҳои охир ба назар намерасад (ба истиснои баъзе солҳо), ки таъсири ғайримустақими тағирёбии иқлимро ба гидрологияи обанборҳои кӯҳӣ нишон медиҳад.

**Калидвожаҳо:** Кӯликалон, релеф, дарё, масоҳат, сарбанд, морена, тирях.

## CHANGES IN THE LAKE KULIKALON LAKE

(at historical and modern level)

*Majidov O.Sh., Murtazaev U.I.*

**Annotation.** The results of comparison of information about Lake Kulikalon in the time interval: 1934, 1960, 2020-2023 are presented. It was established that by the summer of 2018 it was filled to the top with water, but stopped (with rare exceptions), which indicates the indirect influence of climate change on the hydrology of mountain reservoirs.

**Key words:** Lake Kulikalon, relief, basin, river, area, dam, moraine, glaciers.

**Сведения об авторах:** Маҷидов О.Ш. – кандидат технических наук, с.н.с. Отдела географии и дистанционного зондирования НАНТ; Муртазоев У.И. – доктор географических наук, профессор, с.н.с. Отдела географии и дистанционного зондирования НАНТ.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Маҷидов О.Ш. – номзади илмҳои техникӣ, ходими калони илмии Шуъбаи география ва зондкунии фосилавии АМИТ; Муртазоев У.И. – доктори илмҳои география, профессор, ходими калони илмии Шуъбаи география ва зондкунии фосилавии АМИТ.

**Information about authors:** Majidov O.Sh. – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher Department of Geography and Remote Sensing of NAST; Murtazaev U.I. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Senior Researcher Department of Geography and Remote Sensing NAST.

УДК 551.324.63

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ОЛЕДЕНЕНИЕ  
И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА РЕКИ ГУНТ*Наврӯшиев Х.Д.<sup>1,2</sup>, Фазылов А.Р.<sup>2</sup>, Курбонмамадова А.Ш.<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Государственное научное учреждение “Центр изучения ледников НАНТ”<sup>2</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

**Аннотация:** В данной статье представлены результаты гляциологических исследований, реализованные на территории бассейна реки Токузбулак, за период с 1977 по 2023 год. Согласно Каталогу ледников СССР, установлено, что на территории исследуемого бассейна расположены 94 ледника (№398-492), с общей площадью 50,3 км<sup>2</sup>. Выявлено, что за рассматриваемый период, площадь оледенения в пределах данного бассейна уменьшилась на 1,4 км<sup>2</sup>, при этом ледник №422 полностью деградировал. Установлено также, что в числе отступающих языковых частей лед-

ников, ледник №459 характерен наибольшим отступанием, составивший 405 метров (8,8 м в год) за 46 лет.

Статья охватывает также результаты анализа и оценки динамики зеркальной площади озера Яшилькуль. Установлено, что зеркальная площадь исследуемого озера, за последние 5 лет, увеличилась на 3,5 км<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** Гунт, Токузбулак, ледники, оледенение, деградация, сокращение площади, спутниковый мониторинг, полевые наблюдения.

Дешифрирование снежно-ледовых поверхностей космическими снимками имеет множество как научных, так и практических сфер применения - от мониторинга процесса снеготаяния для прогноза уровней и расходов воды весеннего половодья до каталогизации горных ледников, и оценки их отклика на современное изменение климата [15].

Изучение водных ресурсов является одной из ключевых факторов определяющая запаса пресной воды во всех ее формах. Мониторинг и исследования ледников имеют важное практическое значение как для прогноза состояния запаса водных ресурсов, так и использования их в различных секторах экономики, в том числе сельском хозяйстве и энергетике [6].

Площадь оледенения бассейна реки Гунт составляет 609 км<sup>2</sup>. При этом, собственно, сам бассейн (13700 км<sup>2</sup>) охватывает значительную территорию Юго-Западного Памира [7].

Одним из основных источников питания рек бассейна реки Гунт - это ледники. Экономический и социальные секторы Горно-Бадахшанской автономной области (далее ГБАО) в значительной мере зависят от достаточности водных ресурсов, формирующиеся в основном из талых вод ледников в летнее время. В частности, 90% электроэнергии (37 мВт), поставляемая, на территорию ГБАО (Шугнанский, Рошткалинский, Рушанский, Ишкашимский районы и город Хорог) вырабатывается гидроэлектростанциями, большинство из которых построены на реках бассейна реки Гунт [3, 8, 9]. Главным резервуаром для этих гидроэлектростанций является озеро Яшилькуль уровень которого непо-

средственно влияет на обеспечение населения электроэнергией в зимний период.

К сожалению, по объективным и субъективным причинам за последние 50 лет гляциологические работы на данной территории не проводились и естественно отсутствуют данные о современном оледенении и состоянии ледников в целом. Отсутствуют данные также и по бассейну реки Токузбулак.

В настоящей работе изложены результаты мониторинга и анализа деградации ледников бассейна реки Токузбулак за период с 1977 по 2023 гг., полученные на основе использования спутниковых снимков Landsat и Sentinel 2A, а также данные динамики зеркальной площади озера Яшилькуль за последние пять лет, с оценкой их чувствительности к изменениям климата.

Основной целью наших исследований были анализ и оценка воздействия изменений климата на процессы оледенения и водные ресурсы в бассейне реки Гунт и в частности ледников северного склона Южно-Аличурского хребта и водной поверхности озера Яшилькуль.

Место исследования. Река Токузбулак вторая по величине река длиной 62 км исследуемого бассейна реки Гунт, является левым её притоком и вытекает из южной части оз. Аккуль, расположенного на южном склоне Бакчигирского хребта на абсолютной высоте 4485 м. В верховьях на протяжении первых 15 км, река протекает по широкой ледниковой долине в южном направлении. Описав дугу и изменив направление течения на северо-западное, река принимает слева р. Южный Токузбулак, вытекающую из восточной части оз.

Турумтайкуль (рис.1). Далее долина реки суживается, переходя местами в глубокое ущелье; уклоны русла увеличиваются; в пойме, там, где выклиниваются грунтовые воды, появляется кустарниковая и древесная растительность. В районе пос. Джиланды долина Токузбулака расширяется, с многочисленными выходами серных термальных источников. Ниже этого поселка водность реки увеличивается, а русло расширяется до 18 м [7].

От притока Западной Гурумды посредством искусственного канала, подпитывается дополнительными водными

ресурсами озеро Яшилькуль. Воды этого канала также используется для орошения земель на территории Булункуля.

Результаты исследований процесса оледенения водосбора озера Яшилькуль изложены в ранее опубликованной работе [13].

На основе цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM высотности, была разработана карта (рис.1) бассейна реки Токузбулак (выделен красным цветом).

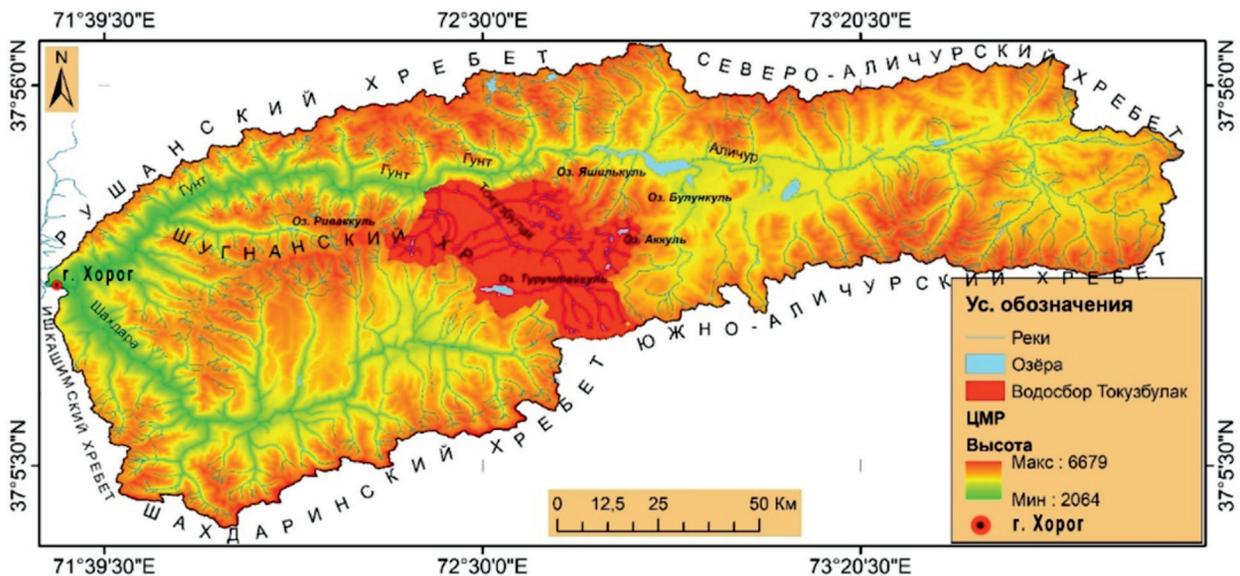


Рис. 1 – Расположение реки Токузбулак на карте бассейна реки Гунт.

Зона формирования (верховья) реки Токузбулак расположена на расстоянии 140 км от г. Хорога - административного центра ГБАО и является «переходной зоной» между Западным и Восточным Памиром. Долинная часть реки расположена на высоте 4271 м, а гребни хребтов поднимаются до 5000-6700 м над ур.м. Этот регион является отгонным пастбищем для сельскохозяйственных животных Шугнанского, Рощкалинского и Ишканинского районов. Общая площадь этого региона насчитывает около 42840 га, горы и озера здесь занимают около 14045 га, а пастбищные угодья составляют 28495 га [1].

Проблемы связанные с кризисом в экономике в конце XX века, вынудили местное население Западного Памира массово вырубать лесные и плодовые насаждения, облепиховые плантации, в том числе и особо редкие исчезающие породы деревьев (можжевельник, берёза, платан и другие), занесённые в Красную книгу, а также были выкорчеваны сотни тонн корней радиолы, солодки, макротомии, надземной массы мяты, зизифоры, ферулы *Ferula* и других растений и были реализованы не законным путем [2].

Вышеизложенное естественным образом отрицательно отразилось на условия формирования водных ресурсов.

Бассейн реки Токузбулак очень богат геотермальными источниками (Таблица 1.). Здесь, в частности в поселке Джелон-

ди, на базе источников созданы государственные и частные лечебные центры.

Таблица 1

Геотермальные источники на реке Токузбулак [14]

№	Источник, скважина	Температура, °С	Дебит, л/с	Ресурсы тепло- и электроэнергии			
				Ккал/сек	Гкал/год	кВт.ч/сек	млн. кВт.ч/год
Памир							
1.	Джиланды	67,5	5,60	294,00	9271,58	0,342	10,78
2.	Токузбулак	66	2,00	102,00	3216,67	0,119	3,74
3.	Койтезак	33	1,50	27,00	851,47	0,031	0,99
Сумма				423,0	13339,99	0,492	15,51

**Климат.** Метеорологические данные [16] для анализа и сравнения с другими областями бассейна реки Гунт включали в себя алгоритм интерполяции данных

автоматизированных станций всего мира располагающие данными температуры воздуха, атмосферных осадков (рис. 2) и другие параметры.

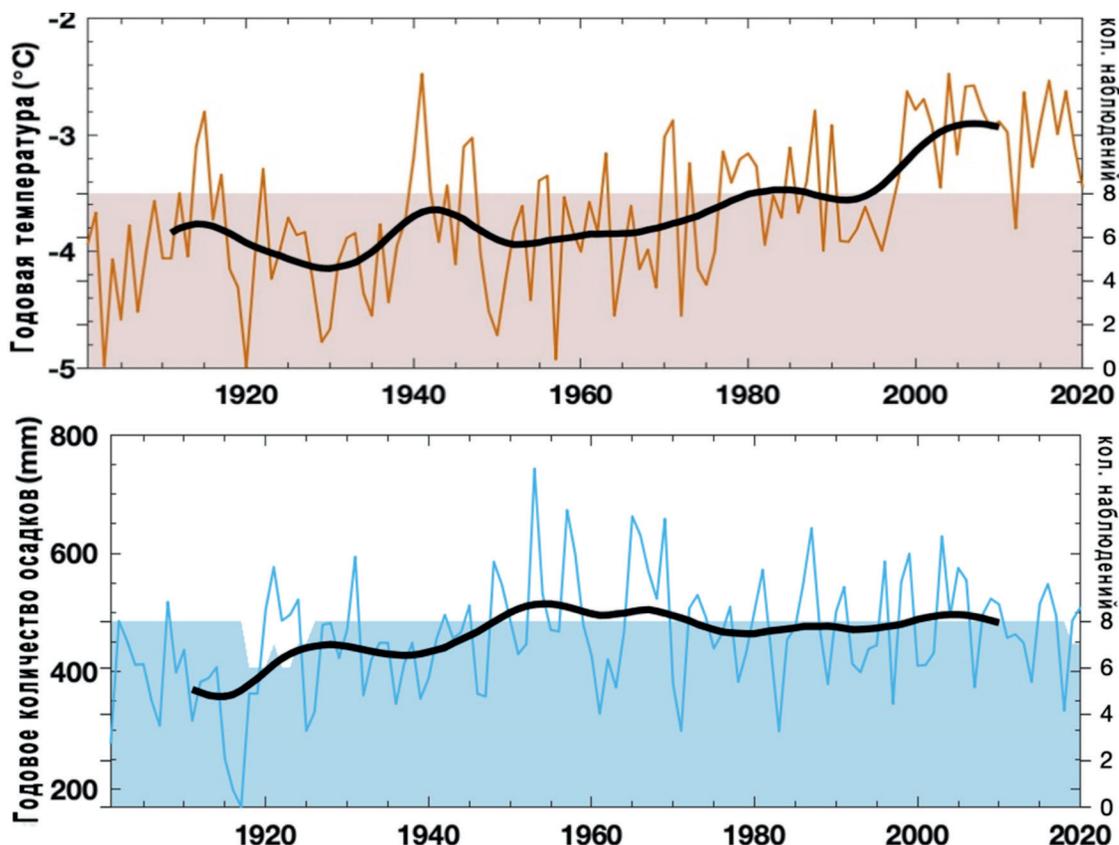


Рис. 2 – Температура воздуха (А) и атмосферные осадки в верховье реки Токузбулак [16]

Гидрология. Единичные измерения стока произведенные (10.08. 1967 г.,) А.О. Кемерихом на реке Токузбулак у пос. Джиланди позволили установить, что сток реки невелик и составляет всего 8,53 м<sup>3</sup>/сек. (модуль стока 14 л/сек км<sup>2</sup>). Незначительность стока реки Токузбулак связана с тем, что значительная часть бассейна реки находится в пределах Восточного Памира, с малым выпадением осадков, а также зарегулированностью стока озерами Турумтайкуль и Аккуль [10].

В долине реки Токузбулак, до 90-ых годов прошлого столетия функционировали несколько снегомерных пунктов, установленные в верховьях реки на высотах 3600-3900 м. Результаты снегосъемок, в долине, позволили установить значительную высоту снежного покрова, достигающую в среднем 40-50 см, а в отдельных местах до 120 см [5].

Оледенение. Как отмечалось выше, в бассейне реки Токузбулак расположены 94 ледника (№398-492) с общей площадью 50,3 км<sup>2</sup>. На основе данных Каталога ледников СССР [7], нами подготовлена карта данной территории с указанием ледников (рис.4).

Следует отметить, что Южно-Аличурский хребет вытянут в широтном на-

правлении от истоков р. Шахдараы на западе до р. Истык на востоке, длиной 138 км. На западе он отделен плоскими широкими перевалами от Шахдаринского и Шугнанского хребтов, а на востоке, постепенно понижаясь, доходит до берегов Истыка. В отличие от более северных хребтов, Южно-Аличурский полностью находится в зоне восточно-памирского типа рельефа: эрозия коснулась его лишь на 30 километровом участке, вдоль устьевой части долины р. Памир [5].

На северном склоне Южно-Аличурского хребта расположены 131 ледника, 10 из которых площадью от 1 до 3 км<sup>2</sup>. Присутствуют также долинные и карово-долинные ледники (около 50% от общей площади оледенения) с короткими языками, оканчивающиеся выше отметки 4660 м. Но наиболее многочисленные - мелкие склоновые ледники (51%) [4].

Объекты исследования. Для выявления деградированной площади ледников бассейна реки Токузбулак были выбраны ледники северного склона Южно-Аличурского хребта (№457-472) (рис. 3). Все последующие данные в статье, являются результатами анализа данной территории.

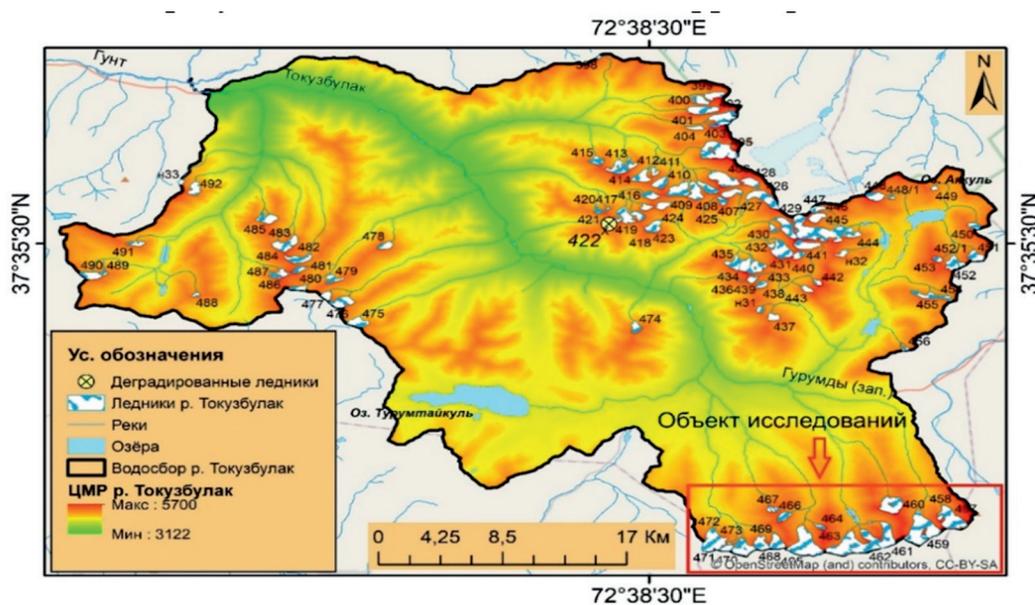


Рис.3 – Карта водосбора реки Токузбулак

Методика оценки изменения площади оледенения и зеркальной площади озера Яшилькуль

Основополагающей задачей регионального спутникового мониторинга является одновременная оценка текущего состояния оледенения в пределах речных бассейнов, ранее выделенных в Глобальном Каталоге WGMS и сравнение морфометрических параметров с аналогичными предыдущими данными [11].

Картографирование и анализ динамики ледников также входит в перечень важнейших задач космического мониторинга снежно-ледовых объектов суши. Для дешифрирования ледников в основном используется синтез каналов SWIR-NIR-RED, позволяющего отображать ледники ярко-голубым цветом с четкими границами, предоставляющие возможность с высокой точностью очертить границы ледников как в ручном режиме, так и в автоматическом, используя при этом, ГИС программы. Горным ледникам характерны наличие двух зон: зона питания (выше снеговой линии, где накопление снега и льда превышает его потери на таяние и испарение, аккумуляция) и зона абляции (ниже снеговой линии, где потери снега и льда превышают объем накопления). На снимках во вторую половину лета и начало осени, оптимальные для изучения ледников периоды, зоны выделяются очень четко [15].

Для ручного вычисления размеров деградированной площади за анализируемый период принимались космические снимки со спутников Landsat и Sentinel 2A, а для проверки точности проведенных границ использовались снимки высокого разрешения базы данных ArgMap Online.

Для автоматической идентификации границ и вычисления площади ледников использовались стандартизированные методики Нормализованный относительный индекс снежного покрова NDSI (Normalized Difference Snow Index) и Нормализованный относительный индекс

мализованный относительный индекс ледника NDGI (Normalized Difference Glacier Index) [17] с целью идентификации снежного покрова и ледники при игнорировании облачного покрова по формулам:

$$NDSI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR)$$

Для снимков Sentinel 2 MSI:

$$NDSI \text{ (Sentinel 2 MSI): } Green=B3, SWIR=B11$$

$$NDSI = \frac{B2-B11}{B2+B11},$$

Для снимков Sentinel 2 MSI:

$$NDGI = (NIR-Green)/(NIR+Green)$$

$$NDGI \text{ (Sentinel 2 MSI): } NIR=B3, Green=B4$$

$$NDGI = \frac{B3-B4}{B3+B4},$$

Здесь:

Green = значения пикселей из зеленого канала;

SWIR = значения пикселей из коротковолнового инфракрасного канала.

NIR = ближний инфракрасный диапазон.

Для картирования и анализа водных поверхностей использовалась методика NDWI (Normalized Difference Water Index), который используется для анализа водных поверхностей на основе данных, полученных с использованием дистанционного зондирования. NDWI обычно применяется к многозначным спектральным данным, таким как изображения, полученные с помощью датчиков Landsat, Sentinel и других спутников.

NDWI вычисляется по следующей формуле:

$$NDWI = (Green - NIR)/(Green + NIR)$$

где:

- (Green) - отраженная радиация в зеленом диапазоне спектра,

- (NIR) - отраженная ближняя инфракрасная радиация.

Положительные значения NDWI обычно свидетельствуют о наличии воды, поскольку вода поглощает инфракрасное излучение и отражает зеленую радиацию. Таким образом, водные поверхности имеют высокий NDWI.

Применение NDWI в картографии и анализе водных поверхностей позволяет выявлять и отслеживать изменения в водных ресурсах, водоемах и влажных зонах на больших территориях с использованием спутниковых данных.

## Результаты

Полученные данные являются результатами анализа данных Каталога ледников СССР и собственных современных наблюдений ледников бассейна реки Гунт.

Исследованиями установлено, что за рассматриваемый период (1977- 2023 гг.) ледники северного склона Южно-Аличурского хребта, питающие реку Токузбулак потеряли 1,4 км<sup>2</sup> своей площади (рис. 4), а ледник №422 деградировал полностью.

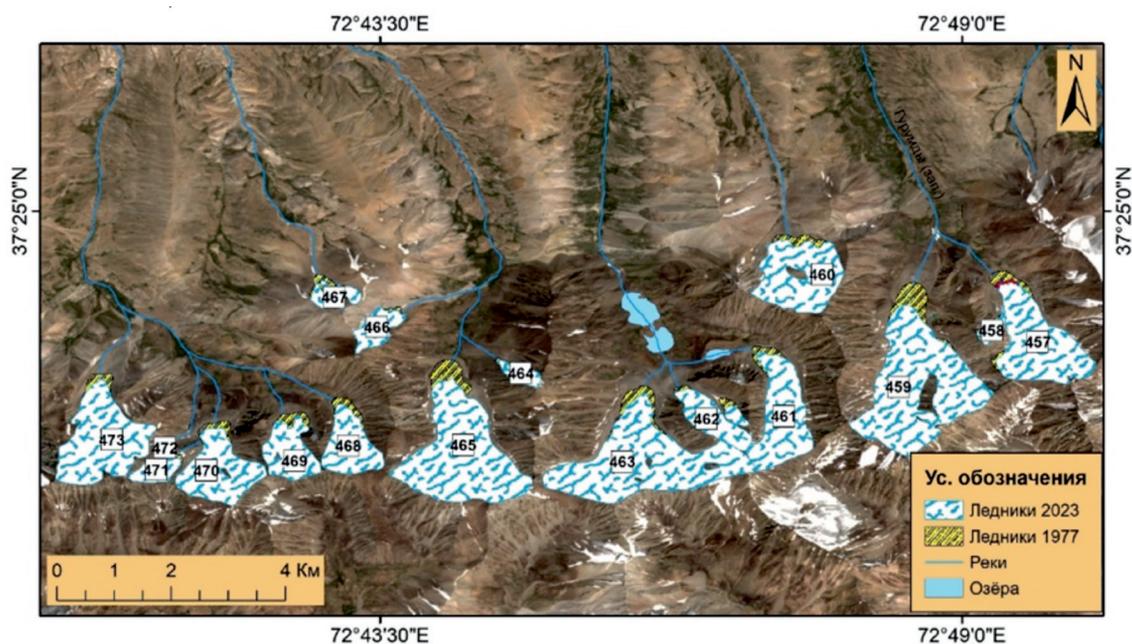


Рис. 4 – Отступление языковых частей ледников северного склона Южно-Аличурского хребта

Автоматическая идентификация ледников производилась с использованием методик NDSI и NDGI (рис. 5).

Полученные результаты позволяют утверждать, что использование автоматических расчетов для вычисления площади оледенения больших территорий являются очень удобными, однако вместе с этим следует учитывать тот факт, что для проведения исследования высокого уровня, носящие национальный или региональный характер, необходимо осуществлять детальную, в ручном режиме, доработку.

В рамках реализованных исследований, было осуществлено сравнение полученных результатов по применяемым методикам, позволившие сделать вывод о преимуществе методики NDSI позволяющая получить наиболее достоверные и адекватные данные (рис. 5). Установлено, что в отличие от методики NDSI, при использовании методики NDGI неопределенных зон остается намного больше, требующая в последствие, значительного времени для ручной и полуавтоматической корректировки.

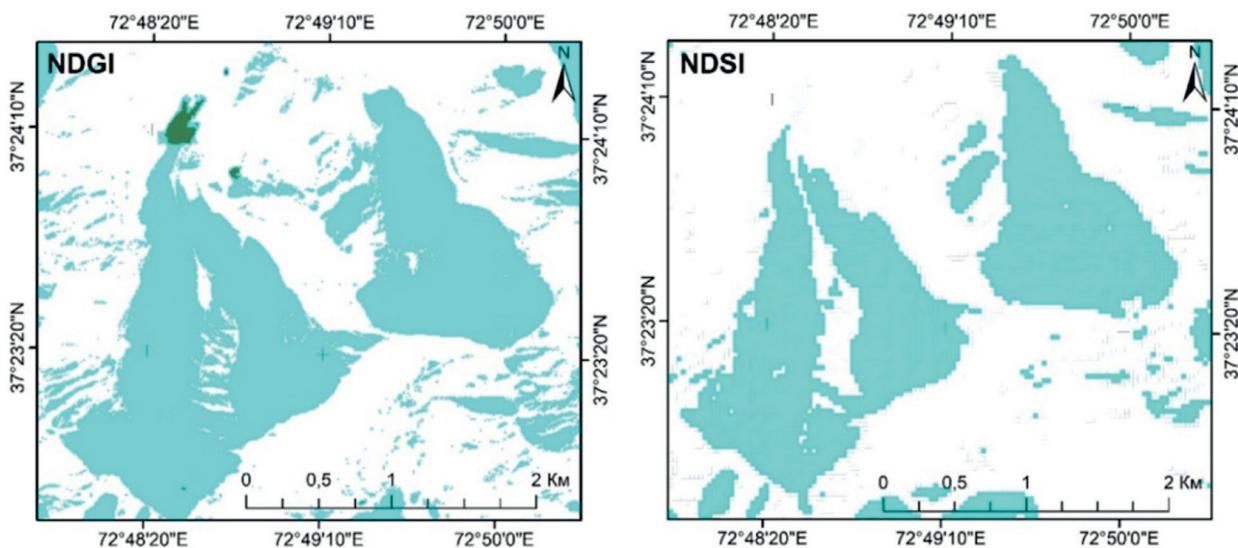


Рис. 5 – Результаты выделения ледников по методикам NDSI и NDGI.

В процессе полевых работ, выполненных в 2023 году, у языковой части ледника № 459 было выявлено отсутствующее на космических снимках 1977 года и в Каталоге ледников СССР образовавшееся озеро (фото 1) с площадью 19941 м<sup>2</sup>. Появление этого озера выявлено на онлайн платформах, соответствующие данным 1990 годов. Образование озера у языковой части данного ледника ускорило его

таяние, при чем за период наблюдений, сокращение составило 405 метрам, что является наибольшим сокращением среди ледников исследуемой территории. Фронтальная морена данного ледника очень велика и своим морфологическими характеристиками и движениями способствовала образованию благоприятного места для образования озера у языковой части ледника № 459.

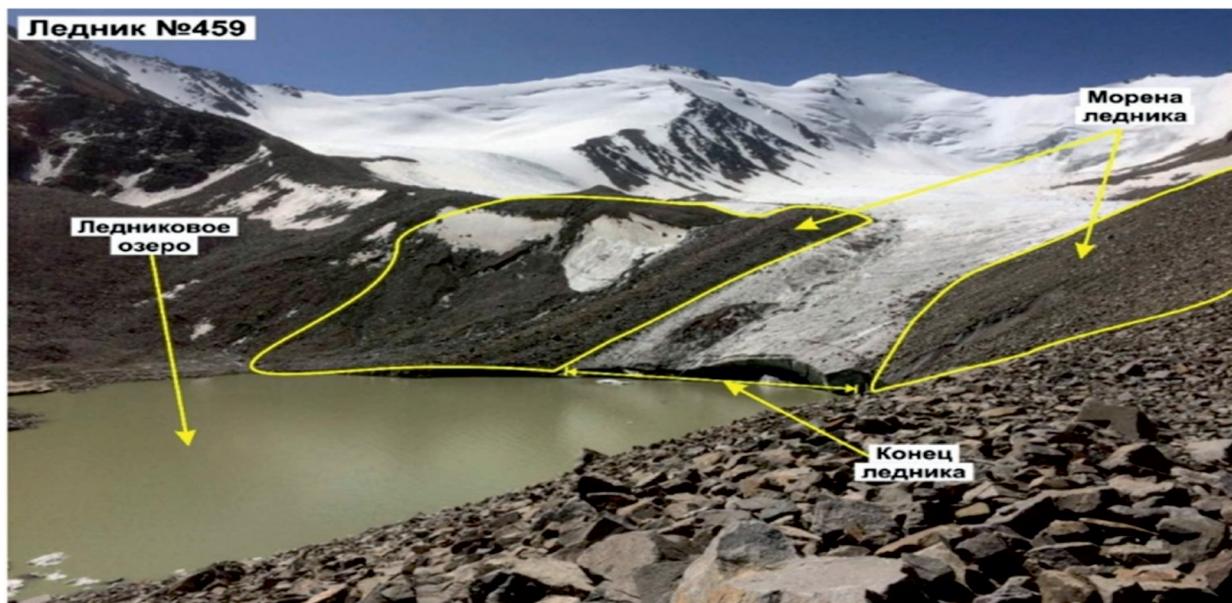


Фото 1. Озеро у языковой части ледника №459. Фото Наврузшоева Х.Д.

Ситуация, отображенная на фото 1, является результатом осуществленных полевых изысканий и доказательным

фактором повышения уровня достоверности полученных данных при дистанционном мониторинге. Установлено, что

(фото 1) поверхность ледника с правой части около языка покрыта мореной, которая при дешифрировании космических снимков и анализа снимков разных ГИС платформ не считается как часть ледника, а как чистый лёд. Лишь незначительный слой ледника покрыт обломками горных пород, а нижний толстый слой ледника является чистым льдом. Таким образом, наличие долгосрочных полевых данных значительно способствует улучшению достоверности полученной информации и внесет существенный вклад в качество данных.

Результаты исследования по динамике зеркальной площади озера Яшиль-

куль позволили установить увеличение его площади от 33,2 до 36,7 км<sup>2</sup>. На наш взгляд данный процесс связан с несколькими факторами - изменение климата, осадки, снеготаяние, сток воды из речных водосборов и другие. Необходимо подчеркнуть, что расход воды из озера Яшилькуль контролируется с целью обеспечения работы нижележащих гидроэлектростанций в зимний период.

На рис. 6 отображены полученные данные динамики зеркальной площади озера Яшилькуль за 2019 по 2023 гг.

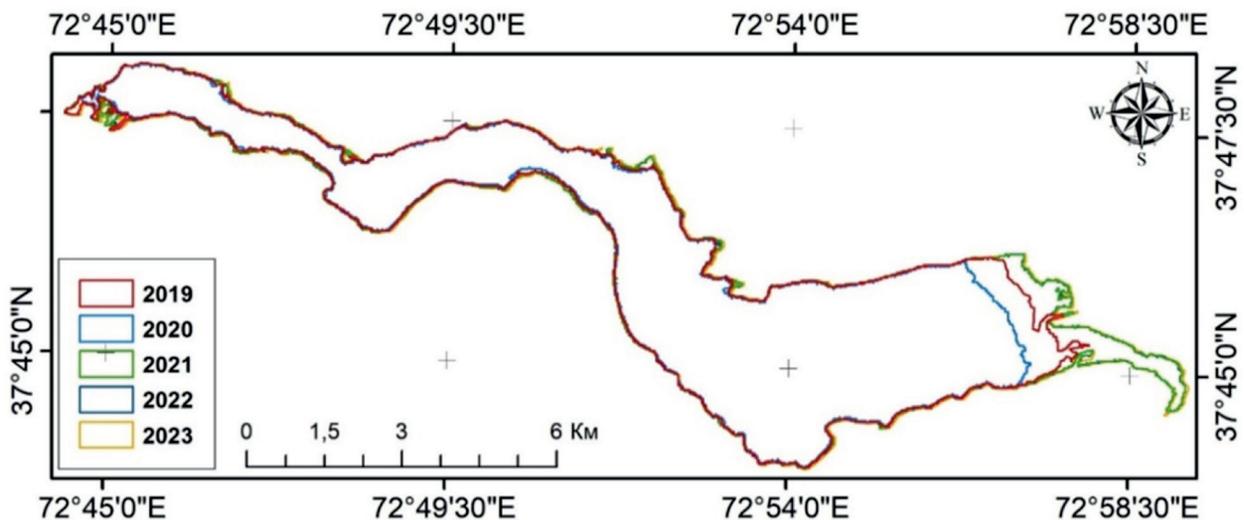


Рис. 6 – Динамика зеркальной площади озера Яшилькуль в период с 2019 по 2023 гг.

В представленной ниже таблице приведены данные о динамике озера Яшилькуль, а также использованные

космические снимки с указанием их пространственного разрешения и основных характеристик.

№	Спутниковые снимки	Дата	Разрешение, м	Площадь озера, км <sup>2</sup>
1.	Landsat 8	06.09.2019	30	33,2
2.	Landsat 8	08.09.2020	30	30,7
3.	Landsat 8	26.08.2021	30	36
4.	Landsat 8	06.09.2022	30	36
5.	Sentinel 2A	15.09.2023	10	36,7

**Обсуждение результатов**

Результаты исследований доказывают востребованность и необходимость полевых работ при проведении гляциологических исследований, повышающие, в разы,

достоверность полученных результатов. Доказательством данного тезиса являются полученные данные и результаты, приведенные на фото 1.

Установлено также, что отступление языковой части на ледниках №457-459 намного меньше чем у ледников горы Бакчигир, притоков Шазуддара и Сафедобдара южного склона Рушанского хребта.

Согласно трендовой линией на рисунке 2 А которая показывает на увеличение температуры воздуха с 1960 года что значительно также влияет на таяние ледников, а присутствие озеро на языковой части ледника №459 увеличивает процесс его деградации.

Полученные результаты исследований близки к результатам исследований изложенные в ранее опубликованных работах [12], а полевые данные по ледникам №457-459 дают возможность очертить границы этих ледников, с высокой точностью, подтверждая тем самым оригинальность и достоверность достигнутых результатов.

Закключение. Данная работа посвящена анализу и оценке, а также сравнению основных направлений изучения ледников, включая дистанционное ручное, автоматическое и полевые работы, являющиеся составным и необходимым инструментарием комплексного исследования ледников.

Результаты полевых исследований позволили повысить уровень достоверности полученных результатов и выявить основные недостатки применяемых методов дистанционных наблюдений.

Проведенные исследования, ледника №422, площадь которого по данным Каталога ледников СССР составлял 0,100 км<sup>2</sup>, позволили установить полную его деградацию.

Установлено, также, что ледники северного склона Южно-Аличурского хребта (водосбор реки Токузбулак) потеряли 1,4 км<sup>2</sup> своей площади.

Современные исследования в области гляциологии (полевые наблюдения и дистанционное зондирование), должны носить характер комплексных работ. В частности, при изучение современного

состояния ледников необходимо увеличивать период полевых наблюдений, восстановить работы снегомерных пунктов в зоне ледников, а также гидрологические посты, данные которых востребованы при расчете и моделировании полученных результатов и осуществления возможного прогнозирования состояния ледников.

Благодарность: Творческий коллектив выражает благодарность проекту USAID по водным ресурсам и окружающей среде за техническую и финансовую поддержку в рамках конкурса молодых ученых.

### Литература

1. Акназаров Х. А. Продуктивность и емкость пастбищных угодий верховья реки Токузбулак (Западный Памир) / Х. А. Акназаров // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. - 2011. - Т. 54. - № 1. - С. 67-70.
2. Акназаров Х.А. Современное состояние биоразнообразия Памира и вопросы его охраны. Русский орнитологический журнал. -2016, -Т. 25, Экспресс-выпуск 1295: - С. 2057-2060.
3. Гидроэнергетика Таджикистана: потенциал сегодня и возможности завтра. Источник: <https://energypolicy.ru/gidroenergetika-tadzhikistanapotencial-segodnyai-vozmozhnosti-zavtra/regiony/2023/13/19/>. Дата обращения: 14.11.2023
4. Долгушин Л. Д., Осипова Г. В. Ледники. -М.: Мысль, 1989. - 447 с.
5. Забиров Р.Д. Оледенение Памира. М.: Географгиз. 1955. - 372 с.
6. Каримов Ф.Х. Моделирование медленно движущихся и пульсирующих ледников. Вестник Таджикского национального университета. Серия Естественных Наук. - 2015 год, - №1-4. - С. 260-266.
7. Каталог Ледников СССР. -Том 14. Средняя Азия, -Часть 15. Бассейн реки Гунта. - Гидрометеиздат, - 1979. - 128 с.

8. Каюмов А., Махмадалиев Б., Новиков В. Второе национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. - Душанбе, 2008. – 86 с.
9. Каюмов А.К., Новиков В.В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. - Душанбе, 2014. - 166 с.
10. Кеммерих А.О. Гидрография Памира и Памиро-Алая. М.:1. Мысль11, 1978. – 264 с.
11. Коновалов В.Г. Динамика оледенения Центральной Азии по материалам дистанционного зондирования. - Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. -2012. Т.9. №1. - С. 281-288
12. Наврузшоев Х. Д. Деградация ледников южного склона Рушанского хребта по космическим снимкам и каталогу ледников СССР / Х. Д. Наврузшоев // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2020. - № 4(181). - С. 137-147.
13. Наврузшоев Х.Д., Фазылов А.Р. Мониторинг и оценка современного состояния оледенения водосбора озера Яшилкуль (Таджикистан, Юго-Западный Памир) // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(42). – С. 139-147.
14. Петров Г.Н., Ахмедов Х.М., Кабутов К., Каримов Х.С. Ресурсы возобновляемых источников энергии в Таджикистане. Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. №3 (136), 2009 г. - С. 82-91.
15. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения [Электронный ресурс]. А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминова; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. - Пермь, 2020. - 49,6 Мб; 191 с.
16. Harris, I., Osborn, T.J., P. et al. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>
17. Patrick Burns, Anne Nolin. Using atmospherically-corrected Landsat imagery to measure glacier area change in the Cordillera Blanca, Peru from 1987 to 2010. Remote Sensing of Environment. Volume 140. 2014. P 165-178. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.026>.
18. Shafique, M., Faiz, B., Bacha, A.S. et al. Evaluating glacier dynamics using temporal remote sensing images: a case study of Hunza Valley, northern Pakistan. Environ Earth Sci 77, 162 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7365-y>

## ТАЪСИРИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ БА ЯХБАНДӢ ВА ЗАХИРАҶОИ ОБИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ҒУНД

*Наврузшоев Ҳ.Д., Фазылов А.Р., Курбонмамадова А.Ш.*

*Анотатсия. Дар ин мақола натиҷаҳои таҳқиқоти пиряхшиносӣ дар ҳавзаи дарёи Тоқузбулоқ дар давраи аз соли 1977 то соли 2023 оварда шудааст. Мувофиқи маълумотҳои Каталоги пиряхҳои ИҶШС муқаррар карда шудааст, ки дар ҳавзаи таҳқиқот 94 пирях (№398-492) мавҷуд буда, масоҳати умумии онҳо 50,3 км<sup>2</sup> ташиқил меод. Муайян карда шуд, ки дар давраи омӯзиши*

майдони яхбандӣ дар ин хавза 1,4 км<sup>2</sup> кам шуда, пиряхи №422 тамоман аз нест шудааст. Инчунин муқаррар карда шуд, ки дар байни ақибнишинии қисматҳои забонаи пиряхҳо пиряхи №459 аз ҳама беиштар буда, дар давоми 46 сол 405 метрро (8,8 м дар як сол) ташиқил медиҳад.

Дар мақола инчунин натиҷаҳои таҳлил ва арзёбии тағйирёбии майдони қўли Яшилқўл оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки дар давоми 5 соли охир майдони қўли омӯхташуда 3,5 км<sup>2</sup> зиёд шудааст.

**Калидвоژهаҳо:** Фунд, Тоқузбулоқ, пиряхҳо, яхбандӣ, таназзул, кам шудани майдонҳо, зондукунии фосилавӣ, мушоҳидаҳои саҳроӣ.

## IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON GLACIATION AND WATER RESOURCES IN THE GUNT RIVER BASIN

*Navruzshoev H. D., Fazylov A. R., Kurbonmamadova A. Sh.*

**Abstract:** This paper delineates the outcomes of glaciological investigations conducted in the Tokuzbulak River basin spanning from 1977 to 2023. Utilizing data from the Catalogue of Glaciers of the USSR, it was ascertained that the basin accommodates 94 glaciers (№398-492) with a collective expanse of 50.3 km<sup>2</sup>. Over the scrutinized period, the glaciated area within the basin witnessed a reduction of 1.4 km<sup>2</sup>, and Glacier № 422 underwent complete degradation. Furthermore, an examination of the retreating lingual segments of glaciers revealed that Glacier No. 459 exhibited the most pronounced retreat, registering a retreat of 405 meters (equivalent to 8.8 meters per annum) over 46 years.

The article also encompasses an analysis and evaluation of the dynamic changes in the surface area of Yashilkul Lake. The findings indicate a notable augmentation of 3.5 km<sup>2</sup> in the surface area of the lake within the last 5 years.

**Keywords:** Gunt, Tokuzbulak, glaciers, glaciation, degradation, area reduction, satellite monitoring, field observations.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Наврузшоев Ҳофиз Довутшоевич. Ходими калони илмии Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: nhd140704@gmail.com Телефон: (+992) 502040082. Фазылов Али Рахматджанович. н.и.т., дотсент, мудири лабораторияи Иншоотҳои гидротехникии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: alifazilov53@gmail.com Телефон: (+992) 918565070. Курбонмамадова Аниса Ширинхоновна. Магистри бахши 2-юми Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: kurbonmamado-vaanisa@gmail.com Телефон: (+992) 939380004.

**Сведения об авторах:** Наврузшоев Ҳофиз Довутшоевич. Старший научный сотрудник Государственного научного учреждения “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”. E-mail: nhd140704@gmail.com Телефон: (+992) 502040082. Фазылов Али Рахматджанович. д.т.н., доцент, заведующий лабораторией «Гидротехнические сооружения» Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. E-mail: alifazilov53@gmail.com Телефон: (+992) 918565070. Курбонмамадова Аниса Ширинхоновна. Магистранка 2-го года обучения Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. E-mail: kurbonmamadovaanisa@gmail.com Телефон: (+992) 939380004.

**Information about authors:** Navruzshoev Hofiz Dovutshoevich. Senior Researcher of the State Scientific Institution “Center for the glaciers study of the National academy of sciences of Tajikistan”. E-mail: nhd140704@gmail.com Phone: (+992) 502040082. Fazylov Ali Rakhmatjanovich. Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory "Hydraulic Structures", Institute of water problems, hydropower and ecology of the National academy of sciences of Tajikistan. E-mail: alifazilov53@gmail.com Phone: (+992) 918565070. Kurbonmamadova Anisa Shirinkhonovna. Master's student of the 2nd year of study at the Institute of Water Problems, hydropower and Ecology of the National Academy of sciences of Tajikistan. E-mail: kurbonmamadovaanisa@gmail.com Phone: (+992) 939380004.

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БАССЕЙНА РЕКИ ГУНТ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

*Шарофиддинов С.С.*

*Агентство по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан*

**Аннотация.** В статье рассмотрена динамика изменения водного стока р. Гунт за период 1940-2022, обнаружено убывающий тренд стока за весь срок наблюдения, что гидрограф р. Гунт характеризуется наличием двух максимумов, соответствующих июню и августу. Исторические гидрометеорологические наблюдения показали, что сток формируется за счет таяния снежного покрова в июне и таяние ледников в августе. Не исключается и вклад подземных вод в формирование стока реки. Период температурного наблюдения за 1940-2022 гг. показало изменяющийся тренд температуры с возрастающим характером со скоростью 0,4-1,3°C. Также за 1940-2022 гг. количество атмосферных осадков сохраняло среднемноголетнее значение около 279 мм. Обнаружено, что период 2000-2022 гг. отличается от периода 1940-1990 гг. убывающим трендом атмосферных осадков. Настоящее время в формировании стока р. Гунт основной вклад вносят снежный покров и мелкие разрозненные ледники бассейна. Зимний сток в основном образуется за счет подземных вод. Без прерывное наблюдения за стоком реки и снежным покровом в бассейне р. Гунт будет способствовать прогнозированию гидрографа для строительства будущих гидроэлектростанций и выработки электроэнергии в уже существующих гидроэлектростанциях.

**Ключевые слова:** бассейн реки Гунт, верховья бассейна реки Пяндж, снег, температура, осадки, расход воды.

**Введение.** Изучение климатических изменений и их влияние на водные ресурсы в региональном и глобальном масштабе в последние десятилетия стало важной темой обсуждения в международных конференциях. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) сообщила, что средняя мировая температура повысится на 1,4-5,8 °C в период с 1990 по 2100 год, а количество осадков будет варьироваться на  $\pm 20\%$  (МГЭИК, 2001) [1].

Гидрологический режим рек и их изменение всецело зависит от внутригодового распределения осадков и температуры воздуха. Изменение этих метеопараметров сказывается на значениях стока рек и их водообеспеченности (Шульц и Машарипов, 1969) [2]. Понятие водность года характеризуется не столько стоком рек, сколько обеспеченностью осадков в те

временные периоды, в которые осадки обеспечивают и формируют сток характерный для данной территории. Соответствующий среднемноголетним данным базового периода. Под базовым периодом мы понимаем ряд лет, когда особых изменений в значениях данного ряда не происходит до того года, с которого может идти отсчёт либо повышения, либо снижения значений изучаемого показателя (Расулов и др., 2003) [3].

Существуют различные методы и подходы для оценки воздействия климатических факторов на изменчивость стока и для оценки изменчивости осадков и температуры воздуха. В отечественной гидрометеорологии часто пользовались методом аналогий при оценке изменения этих параметров (Владимиров, 2014) [4]. Наиболее распространёнными подходами являются статистические методы

оценки многолетнего ряда наблюдений и расчёта их обеспеченности и характеристик многолетнего ряда наблюдений (Трофимов, 1999) [5].

Данное изучение было проведено в бассейне реки Гунт. В верхнем течении река Гунт носит название Аличур, берет начало на северном склоне Аличурского хребта многими истоками. Пройдя около 75 км по широкой долине, в которой местами встречаются болота и небольшие озера, река впадает в озеро Яшилькуль, уровень которого лежит на высоте 3734 м. Длина озера около 25 км, наибольшая ширина 3,6 км, площадь 35 км<sup>2</sup> и наибольшая глубина 52 м.

Река вытекает из озера под названием Гунт, ниже озера Яшилькуль река протекает в узкой долине. Местами долина расширяется. Русло реки большей частью умеренно извилистое и умеренно разветвленное. У восточной окраины с. Чартым река прорывается через древний завал, образуя на протяжении 350 м непрерывные водопады с общим падением до 40 м.

На протяжении последних 80 км русло реки представляет собой почти непрерывные быстотоки. Близ г. Хорог в р. Гунт слева впадает значительный приток Шахдара, приняв который река через 8 км впадает в р. Пяндж (Шульц, 1965) [6].

Во время подъема половодья наблюдается два-три пика, обусловленные вертикальной зональностью процессов снеготаяния и чередованием волн тепла и холода. Средняя дата максимального расхода - 11 июля, но в отдельные годы пик половодья может проходить и в августе. Максимальный срочный расход, наблюдавшийся в 1958 г., составлял 932 м<sup>3</sup>/с. Минимальный среднесуточный расход воды в период зимней межени составлял 23,7 м<sup>3</sup>/с. Средний годовой расход Гунта при впадении в Пяндж равен 104 м<sup>3</sup>/с.

Ледовые образования раньше всего появляются в верховье Аличура (конец

сентября - начало октября), где они продолжаются 210-220 дней. Ледостав бывает ежегодно лишь на Аличуре в верховье Гунта (кишлак Бачор), где он продолжается в среднем около 170 дней. В нижнем течении (город Хорог) бывают забереги и шуга, которые появляются обычно в средних числах декабря и исчезают во второй половине февраля. Средняя продолжительность периода с ледовыми явлениями 39 дней.

Задачи данного изучения является выявление изменения температуры, осадков и снежного покрова в бассейне реки Гунт за несколько десятилетие.

Материалы и методы исследования. Воды Гунта характеризуются низкой мутностью, составляющей в низовье реки в среднем 160 г/м<sup>3</sup>, что соответствует стоку взвешенных наносов 536,5 тыс. т в год, т.е. почти в 8 раз меньше стока реки Бартанг. В зимние месяцы мутность воды Гунта снижается до 20 г/м<sup>3</sup>. Столь незначительный сток взвешенных наносов Гунта в первую очередь объясняется большим распространением в бассейне интрузивных и эффузивных горных пород (60%), трудно поддающихся выветриванию и размыву поверхностными водами. Основной сток взвешенных наносов проходит в основном с июля по сентябрь, составляя 68% годового стока; с марта по июнь сток взвешенных наносов равен 31% и с октября по февраль - 1% [Реки Средней Азии части I и II Гидрометеорологическое Издательство Ленинград» 1965 г. [7].

Для проведения анализа были использованы программное обеспечение MODSNOW и также статический метод анализа тренда в программе Excel. В работе получены и использованы несколько гидрометеорологических параметров включая температуры, осадков, расход воды и снежного покрова за исторический период (1940-2022).

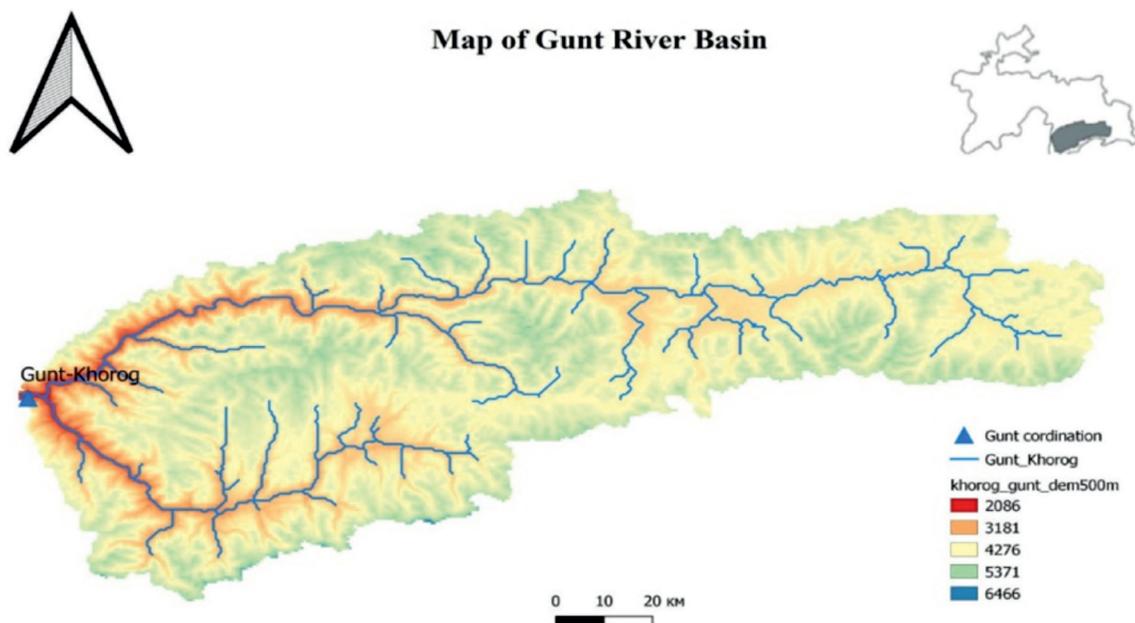


Рис. 1. Бассейн реки Гунт в верховье бассейна реки Пяндж

Результаты исследования и их обсуждение. По разработанным данным станции бассейна Гунт, оценка динамики среднегодовых значений температуры воздуха за период с 1940 по 2022 годы показывает повышение его значений в последние годы. Температура воздуха за последние 82 лет повысилась на 0,4-1,1 °С (рис. 2).

Оценка динамики среднегодовых значений температуры воздуха за период с 1940 по 2022 годы показывает повышение его значений в последние годы. Анализ показал, что повышение температуры воздуха по метеостанции Хорог начинается с середины 70-ых годов. Температура воздуха за последние 50 лет повысилась на 1,0°С (рис. 2).



Рисунок 2. Динамика многолетних значений температуры воздуха по данным метеостанции Хорог

Как видно из рисунка 2 средние значения температуры воздуха в 40-60-ых годах составляли 8,8°С, начиная с 70-ых-2000-ых годов среднегодовые значения температу-

ры воздуха стали заметно увеличиваться до 9,2°С и более градусов. В последние годы среднегодовые значения температуры стабильно показывают 10,3°С и более,

в среднегодовых значениях температуры воздуха. Если в 40-60-ых годах разница среднегодовых значений температуры составляли 0,4°C, то в последние годы эта разница составляет 1,1°C.

По метеостанции Хорог изменение среднегодовых значений температуры воздуха за период с 1940 по 2022 годы было более значительно чем по метеостанции Навабад (Рисунок 3).

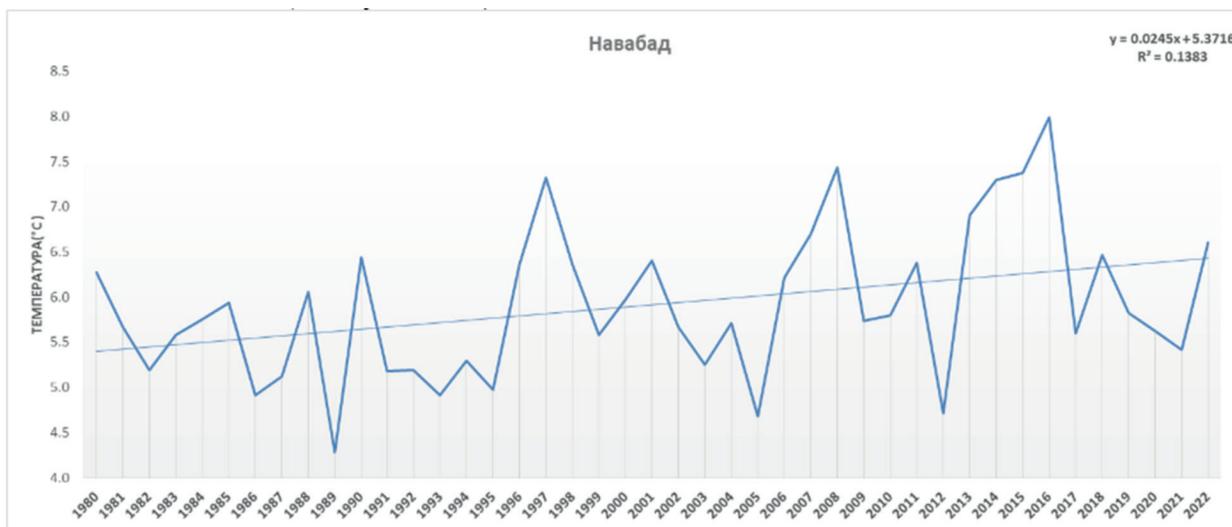


Рисунок 3. Динамика многолетних значений температуры воздуха по метеостанции Навабад

Средние значения температуры по метеостанции Навабад за всей период наблюдения увеличились на 0,6°C и более. Колебание максимальных и минимальных значений среднегодовых температур по метеостанции также указывает на резкое в последние годы по сравнению с 80-ыми и началом 90-ых годов (Рисунок 3).

Температуры воздуха в 80-90-ых годах составляли 5,6°C, начиная с 2000-ых годов, в последние годы среднегодовые значения температуры стабильно показывают 6,2°C и более в среднегодовых значениях температуры воздуха.

Для изучения изменения режима влагообеспеченности за период 1940-2022 гг. были использованы данные по осадкам метеостанций Хорог и Навабад, которые расположены на территории бассейна Гунт. По результатам анализа были построены графики и таблицы. Изменение количества осадков хорошо видны на графиках (рис. 3-4). В (табл. 1.1), представлены рассчитанные значения линейного уравнения (коэффициент тренда), норма среднего количества осадков за базовый период (1940-2022гг.), величина тренда за базовый период в % от нормы.

Таблица 1

Изменение количества осадков в бассейне реки Гунт на территории Памира за базовый период (1940-2022гг.) по сравнению от нормы (1961-1990 гг.)

№	Название станции	Высота м.н.у.м.	Коэффициент тренда период (1940-2022 гг.)	Величина тренда за период (1940-2022 гг.) мм	Норма осадков, мм период (1961-1990 гг.)	В процентах от нормы, %
4	Хорог	2075	$y = -0.0723x + 284.5$	279	282	-1
8	Навабад	3544	$y = -0.235x + 108.14$	123	380	-32

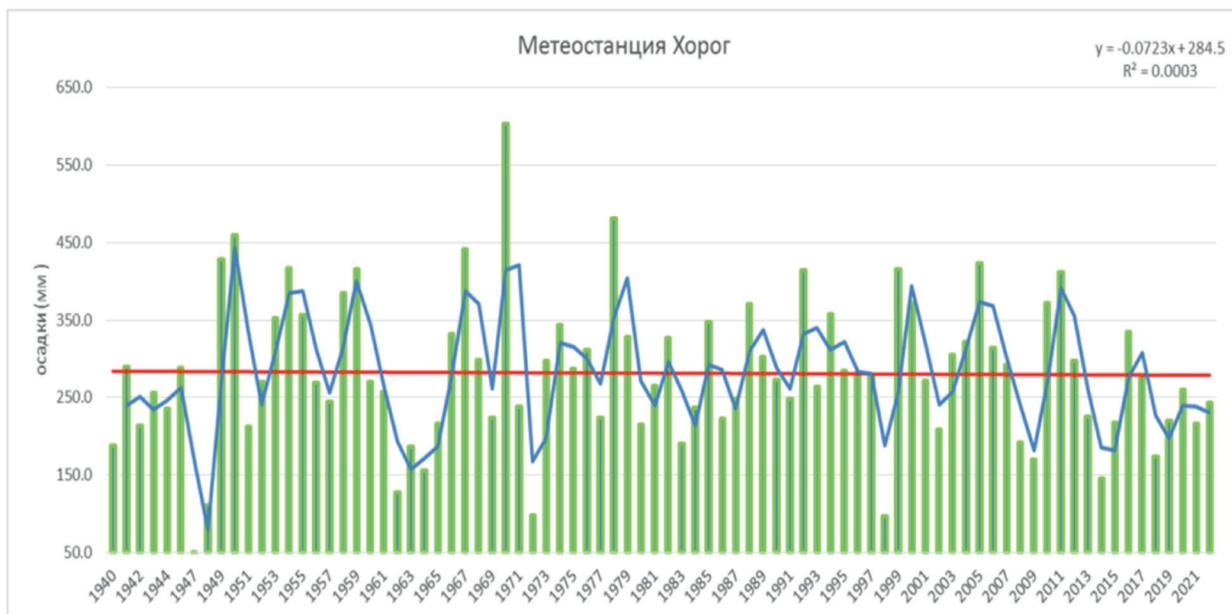


Рисунок 4. Динамика многолетних значений атмосферных осадков (мм) по метеостанции Хорог

По метеорологическим данным, долгосрочные тренды осадков по данным метеостанции Хорог с 1940 по 2022 годы показывают, что линия тренда средних значений рядов атмосферных осадков за последние годы снизилась. (рис. 4). С 90-ых годов до 2022 года можно видеть, как осадки имели на всём протяжении этого

периода резкие колебания максимальных и минимальных значений суммы годовых осадков. В количественном отношении за весь период наблюдений особых изменений суммы годовых осадков и его тенденций к повышению или уменьшению не наблюдается.

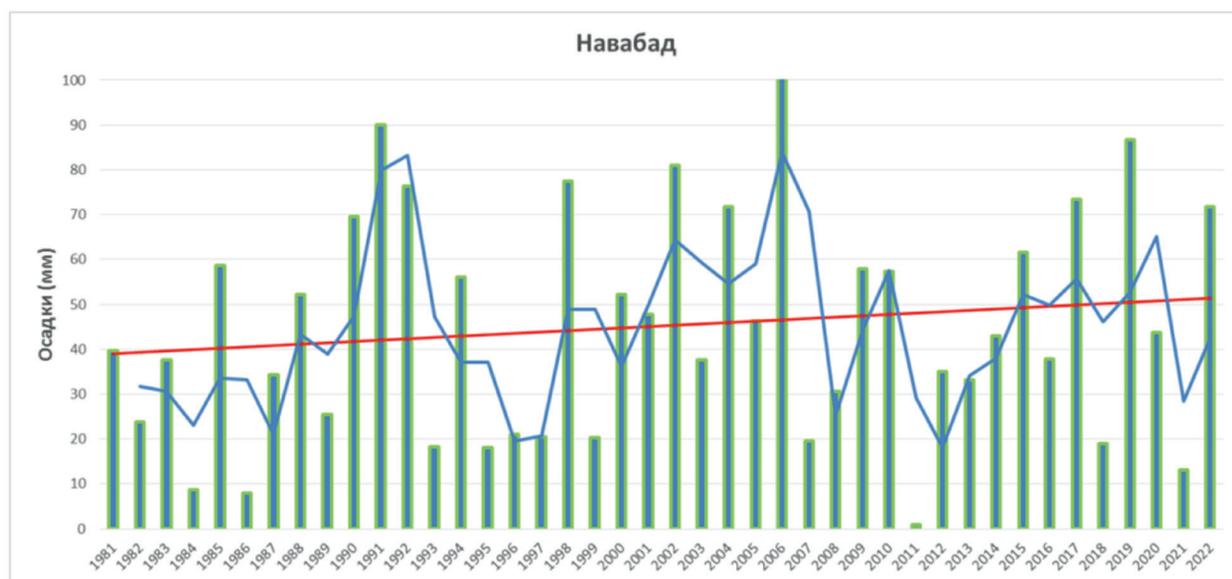


Рисунок 5. Динамика многолетних значений атмосферных осадков (мм) по метеостанции Навабад

Таким образом, оценка многолетней динамики осадков по метеостанции Навабад показала, что за последние годы есть определённые изменения атмосферных осадков, которые выражаются в постепенном их увеличении.

Средние значения атмосферных осадков по метеостанции Навабад за всей период наблюдений увеличилось до 24,5 мм. Колебание максимальных и минимальных значений среднегодовых осадков по метеостанции также указывает в последние годы по сравнению с 80-ыми и началом 2000-ых годов. Начиная с 2001-2022 до последние годы среднегодовые значения показывают 49,6 мм (Рисунок 5).

Снеготаяние является очень важным компонентом стока в бассейне реки Гунт. Около 50 % и более водных ресурсов формируется за счет снеготаяния в этом речном бассейне. Поэтому важно понять, как меняется снежный покров в условиях изменения климата.

В данном исследовании мы использовали MODSNOW-Tool (Gafurov et al., 2016) для моделирования глубины снежного покрова для всего бассейна реки Гунт с пространственным и суточным временным разрешением 500 м.

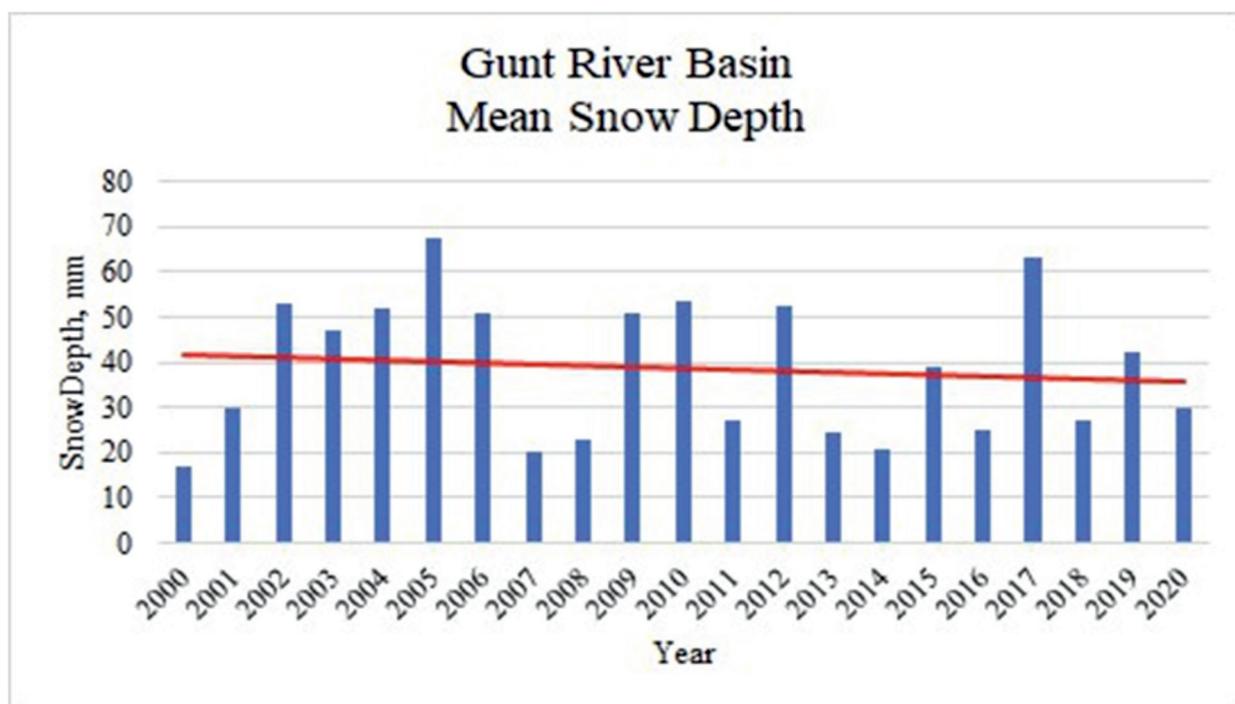


Рис. 6. Анализ тренда распределения годовой высоты снежного покрова (среднее по всему бассейну реки и году) в бассейне реки Гунт.

Результаты, представленные на рис. 6, показывают, что в бассейне реки Гунт в период 2000-2020 гг. были многоснежные, так и малоснежные годы. Наименьшее количество снега было накоплено в 2000 году, а наибольшее количество снега наблюдалось в 2005 году, за которым последовал 2017 год. Тенденция к уменьшению высоты снежного покрова (красная линия), что может быть связано с уменьше-

нием накопления снега в последние годы. Согласно полученным результатам, частота дней с меньшей высотой снежного покрова в бассейне реки Гунт увеличивается.

Модель MODSNOW позволяет моделировать не только высоту снежного покрова, но и таяние ледников, что для бассейна реки Гунт в данном исследовании не проводилось. Модель MODSNOW

является свободно распространяемой моделью, которая может быть использована для любого речного бассейна для монито-

ринга снежного покрова, а также для целей гидрологического прогнозирования.

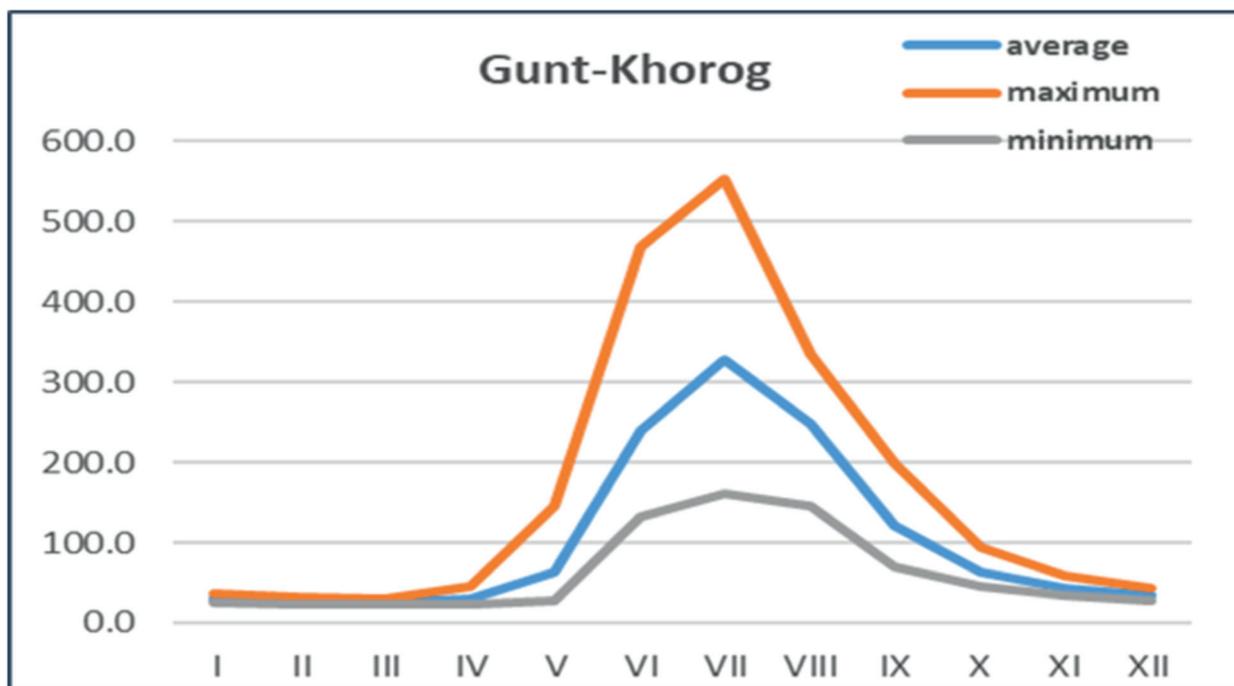


Рис. 7. Средний, максимальный и минимальный расход воды по многолетним данным р. Гунт – Хорог

Для определения изменчивости годового стока реки Гунт использованы годовые данные гидропотст Хорог, расположенным на самой реке, по которым имеются материалы наблюдений за продолжительный период. Среднегодовой сток реки Гунт – Хорог составляет 104 м³/с, средний максимальный годовой

расход воды 141 м³/с. Сезон паводок реки Гунд начинается с начала апреля до начала октября. Пик расхода воды наблюдается с июля по август. Максимальный расход воды в р. Гунт составляет 932 м³/с, зарегистрирован 06.07.1978 г. Самый низкий расход воды, наблюдаемый 27.03.1949 г. снизился до 18.9 м³/с (рис 7.).

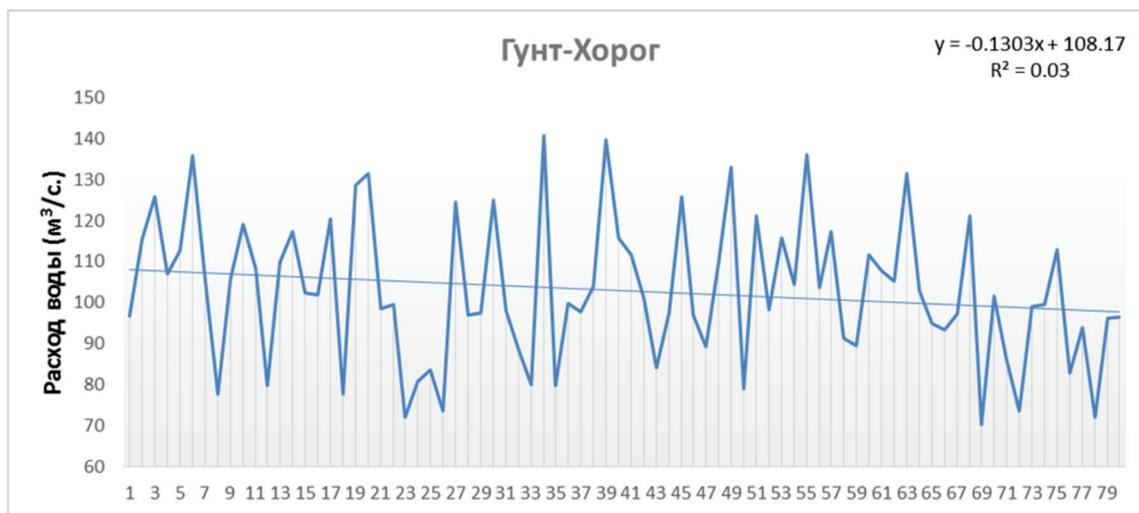


Рис. 8. Изменение расходов воды (м³/с) на р. Гунт – Хорог

За анализируемый период на реке Гунт наблюдается понижение расходов воды на 0,03 м<sup>3</sup>/с в год, а за 80 лет величина тренда составила -10,4 м<sup>3</sup>/с., это составляет -10% от нормы. см.рис 8. (средний расход воды р. Гунт поста Хорог за период 1961–1990 составила 104 м<sup>3</sup>/с). Оценка колебания среднегодовых расходов воды рек Гунтского бассейна за многолетний период не выявила изменения средних значений расходов воды ни в сторону уменьшения, ни в сторону увеличения. Однако, как видно из графика (Рисунок 8), есть изменения в характере колебаний расходов воды. В последние годы увеличилась разница между максимальными и минимальными расходами воды, к тому же увеличилась повторяемость, как многоводных, так и маловодных лет.

Оценка среднегодовых расходов воды рек Гунтского бассейна показала их незначительное снижение в многолетнем периоде. Но как видно из графика (рис. 8), происходит изменение характера течения воды. Гидрологический режим рек Центральной Азии формируется в зависимости от типа питания рек. Большинство рек Таджикистана имеет снеговоледниковое и ледниково-снеговое питание. Температура воздуха является одним из основных факторов, оказывающих влияние на режим формирования речного стока горных рек (Shults, 1965) [8].

Заключение. Проведённые исследования в бассейне реки Гунт по изменению метеорологических показателей и гидрологического режима рек показали, что за последние годы отмечается тенденция повышения температуры воздуха. Оценка динамики среднегодовых значений температуры воздуха за период с 1940 по 2022 годы показывает повышение его значений в последние годы. Температура воздуха за последние 82 лет повысилась на 0,4-1,1°С. По метеорологическим данным, долгосрочные тренды осадков по метеостанции Хорог в количественном

отношении за весь период наблюдений особых изменений суммы годовых осадков и его тенденций к повышению или уменьшению не наблюдалось. По многолетним метеорологическим данным станции Навабад оценка изменения осадков за период с 1981 по 2022 годы показывает, что линия тренда средних значений рядов атмосферных осадков увеличивается на протяжении всего периода наблюдений.

Оценка динамики среднегодового расхода воды реки бассейна Гунт за длительный период времени показала снижение среднего значения расхода воды. Гидрологический режим рек Центральной Азии формируется в зависимости от типа питания рек. Большинство рек Таджикистана имеет снегово-ледниковое и ледниково-снеговое питание.

Внутригодовое распределение метеопараметров и расходов воды показывает, что в последние годы наблюдается сдвиг максимальных осадков от зимнего периода к весне, вместе с тем имеет место сдвига стока рек от летнего периода к весне. При таком перераспределении осадков, температуры воздуха и стока рек могут возникнуть проблемы с водными ресурсами региона. Та часть речного стока, которая формировалась от таяния снега и ледников, теперь будет формироваться в весенний период и некоторая часть в зимние месяцы. Эти воды не будут удерживаться в виде снега и ледников, а напрямую будут стекать в речной бассейн.

#### **Использованные источники**

1. Ибатулин С.Р., В.А. Ясинский, А.П. Мироненко (2009) Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии. Евразийский Банк Развития, <http://www.ecoportalc.kz/wp-content/uploads/2013/06/2009.pdf>.
2. Владимиров В.А., Ю.И. Чураков, 2014, Проблема глобального изменения климата как опасного природного явления. Журнал Стратегия гражданской защиты: Проблемы и исследова-

- ния, Выпуск №2, Том 4
3. Клименко В.В., 2001, Климат средневековой теплой эпохи в Северном полушарии. Московский энергетический институт, г. Москва.
  4. Аламанов С.К., В.М. Лелевкин, О.А. Подрезов А.О. Подрезов, Учебник, Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии. Учебный курс для студентов естественных и гуманитарных специальностей. ЮНЕП; WWF России, 2006.
  5. Ясинский В.А., Мироненко А.П., Сарсембеков Т.Т., 2010, Инвестиционные риски, связанные с влиянием глобального изменения климата на водные ресурсы Центральной Азии. Журнал Евроазиатская экономическая интеграция, №1 6 февраля, 68-75.
  6. Борисова Э.А. Эволюция взглядов на изменение климата в Центральной Азии, Журнал «История и современность», 2013. вып. №1, том 17.
  7. Клименко В., Климатическая сенсация. Что нас ждет в ближайшем и отдаленном будущем? Московский энергетический институт, Москва. 2007.
  8. Царёв Б. К. Динамика климатических сезонов в Ташкенте. НИГМИ. – Ташкент. 2010. – 100 с.
  9. Балашева Е.Н., Н.Н. Караулшикова, И.Е. Сабина, О.А. Семёнова, Климатическое описание Сурхандарьинской области”, Гидрометеиздат, Ленинград, 1962.
  10. Расулов А.Р., Ф.Х. Хикматов, Д.П. Айтбаев А.Р. Rasulov, F.H. Nikmatov, D.P. Aitbaev “Основы гидрологии”, ташкент, Университет, 2003.
  11. Шульц В.Л., Р. Машарипов “Гидрография Средней Азии” Ташкент, 1969
  16. Шульц В.Л. Реки Средней Азии, Гидрометеиздат, Ленинград, 1965.
  12. Реки Средней Азии части I и II Гидрометеорологическое Издательство Ленинград» 1965 г.
  13. Трофимов В. Т., Зилинг Д.Г. Инженерная геология и экологическая геология: теоретико-методологические основы и взаимоотношение. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. -120 с.
  14. IPCC, 2001: Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken and K. S. White (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA, 2001. No. of pages: 1032.

## ТАЪСИРИ ТАҒЙИРЁБИИ БУЗУРГИҶОИ МЕТЕОРОЛОҒИ БА ЗАХИРАҶОИ ОБИ ҲАВЗАИ ДАРЁИ ҒУНД ДАР ШАРОИТИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ

*Шарофиддинов С.С.*

*Аннотатсия. Дар мақола динамикаи тағйирёбии маҷрои оби дарёи Ғунд барои давраи солҳои 1940-2022 баррасӣ гардида, дар тамоми давраи мушоҳидавӣ тамоюли камшавии маҷрои об ошкор гардид, ки ин нишон медиҳад гидрографи дарёи Ғунд бо мавҷудияти ду максимум, ки ба моҳҳои июн ва август мувофиқ аст. Мушоҳидаҳои таърихӣ гидрометеорологӣ нишон доданд, ки дар натиҷаи обшавии қабати барф дар моҳи июн ва обшавии пирахҳо дар моҳи август оби раво ба вуҷуд меояд. Саҳми обҳои зерзаминиро дар ташиқкули чараёни дарё истисно кардан мумкин нест. Давраи мушоҳидаи ҳарорат барои солҳои 1940-2022 тамоюли тағйирёбии ҳароратро бо суръати афзоиши дар суръати 0,4-1,3°C нишон дод. Инчунин барои солҳои 1940-2022 миқдори боришоти атмосферӣ арзиши миёнаи дарозмуддати худро қариб 279 мм нигоҳ дошт. Маълум шуд, ки давраи 2000-2022 аз солҳои 1940-1990 бо тамоюли камшавии боришоти атмосферӣ фарқ мекунад. Дар айни замон дар ташиқкули маҷрои дарё Ғунд саҳми асосӣ аз қабати барф ва пирахҳои хурди парокандаи ҳав-*

за мебошад. Маҷрои зимистона асосан аз ҳисоби обҳои зеризаминӣ ҳосил мешавад. Бе назорати доимии маҷрои дарёҳо ва қабати барф дар ҳавзаи дарёи Ғунд ба пешгуи гидрографии сохтмони неругоҳҳои барқии оби оянда ва ҳосил намудани неруи барқ аз неругоҳҳои барқии обӣ станцияҳои электрии оби мавҷуда мусоидат мекунад.

**Калидвожаҳо:** ҳавзаи дарёи Ғунд, болооби ҳавзаи дарёи Панҷ, барф, ҳарорат, боришот, сарфаи об.

## INFLUENCE OF CHANGES IN METEOROLOGICAL PARAMETERS ON WATER RESOURCES OF THE GUNT RIVER BASIN UNDER CLIMATE CHANGE

*Sharofiddinov S.S.*

---

**Annotation.** The article examines the dynamics of changes in the river's water flow. Gunt for the period 1940-2022, a decreasing trend in runoff over the entire period of observation was discovered, which shows that the hydrograph of the river. Gunt is characterized by the presence of two maximums, corresponding to June and August. Historical hydrometeorological observations have shown that runoff is formed due to the melting of snow cover in June and the melting of glaciers in August. The contribution of groundwater to the formation of river flow cannot be ruled out. The period of temperature observation for 1940-2022 showed a changing temperature trend with an increasing pattern at a rate of 0.4-1.3°C. Also, for 1940-2022. the amount of atmospheric precipitation maintained its longterm average value of about 279 mm. It was found that the period 2000-2022. different from the period 1940-1990. decreasing trend of atmospheric precipitation. Currently in the formation of river flow. The main contribution to the Gunt comes from snow cover and small scattered glaciers of the basin. Winter runoff is mainly generated by groundwater. Without continuous monitoring of river flow and snow cover in the river basin. Gunt will contribute to hydrograph forecasting for the construction of future hydroelectric power plants and the generation of electricity from existing hydroelectric power plants.

**Key words:** Gunt river basin, upper reaches of the Pyanj river basin, snow, temperature, precipitation, water flow.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Шарофиддинов Сафархон Саломович – Агентии обухавошиносии Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, сардори шуъбаи пешгуи обшинусии Маркази пешгуи обухавосанҷӣ, Телефон: (+992) 918-57-09-18, E-mail: safar-hush@mail.ru

**Сведения об авторах:** Шарофиддинов Сафархон Саломович – Агентство по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан, начальник отдела гидропрогнозов Центра гидрометеорологического прогнозирования, Телефон: (+992) 918-57-09-18. E-mail: safar-hush@mail.ru

**Information about the authors:** Sharofiddinov Safarkhon Salomovich – Agency for Hydrometeorology of the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan, Head of Hydro forecasting Department of the Center for Hydro meteorological Forecasting, Phone: (+992) 918-57-09-18. E-mail: safar-hush@mail.ru

УДК 911.3

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАССЕЙНА ОЛЕДЕНЕНИЯ ЛЕДНИКА ВАНДЖЯХ (ФЕДЧЕНКО)

*Талабов О.Д., Рауфов Р.Н.*

*Медико-социальный институт Таджикистана*

---

**Аннотация.** В данной статье проведено теоретическое исследование котловины ледника Ванжях (Федченко). Установлено, что структура ледника языка Ванжях изменилась в связи с изменением климата.

Данные метеостанций в разных районах Горно-Бадахшанской автономной области (восток и запад, север и юг) показали, что на общей основе повышения температуры и увеличения количества осадков можно предположить создание избыточного увлажнения, которое оказывает косвенное влияние. микроклимат Центрального Памира - бассейн ледника Ванджях.

**Ключевые слова:** ледник Ванджях, изменение климата, температура воздуха, осадки, снег.

Проводя теоретические исследования и знакомясь с большим количеством материалов, я решил проанализировать время накопления большого количества снега в районе ледника Ванджях. По архивным данным действующих метеостанций в последние годы выявлена аномально холодная зима, соответствующая 2008-2009 гг. Последние метеоданные со станции Горбунова, где проводились наблюдения за ледником Ванджях, были получены до 1994 году. Пришлось использовать «аналоговый» метод, по использованию данных метеостанций, расположенных вокруг Центрального Памира. Каждая из этих станций расположена в климатических зонах территории Таджикистана, которыми являются «Западный Памир» и «Восточный Памир». Климатические условия «Западного Памира» и «Восточного Памира» совсем не похожи на ту часть горного Памира, где скопились большие запасы льда (пресной воды). Если вернуться к анализу метеоданных тех станций, которые имеют период со стабильными и достоверными данными, то можно сделать правильный научный вывод.[1]

Север Горно-Бадахшанской автономной области. Метеорологическая станция Каракуль. Метеостанция Каракуль расположена на северо-восточном берегу озера Каракуль, в восточной части Памирского нагорья. Высота этой станции достигает 3930 м над уровнем моря. Климат оз. Каракуль сухой, с холодным летом и очень холодной зимой, с малым количеством осадков. Температура воздуха региона за год в среднем составляет  $-3,7^{\circ}\text{C}$  градусов. Самым холодным месяцем считается январь, средняя годовая температура воздуха составляет  $-17,3^{\circ}\text{C}$  градусов мороза. Зарегистрированный абсолютный минимум температуры воздуха составил  $-47^{\circ}\text{C}$  градусов мороза. Самый теплый период – июль месяца, средняя температура воздуха составляет  $+8,5^{\circ}\text{C}$  градусов тепла, а абсолютный максимум температуры воздуха составил  $+28^{\circ}\text{C}$  градусов тепла. Сумма осадков за год составляет 80-82 мм. В данном графике представлены средние значения температуры и осадки:

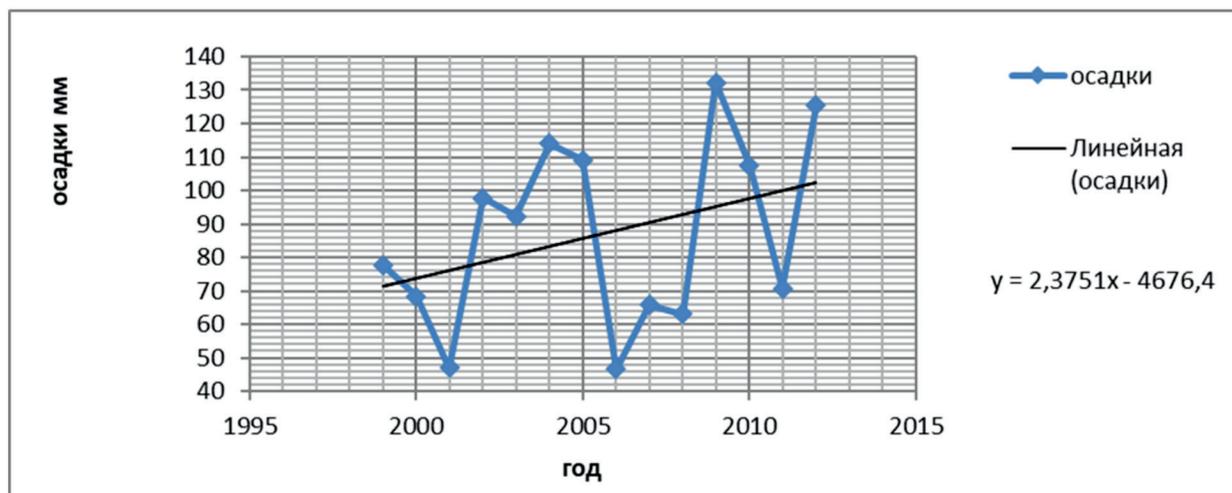


Рис.1. Средняя многолетняя характеристика осадков по МС Каракуль

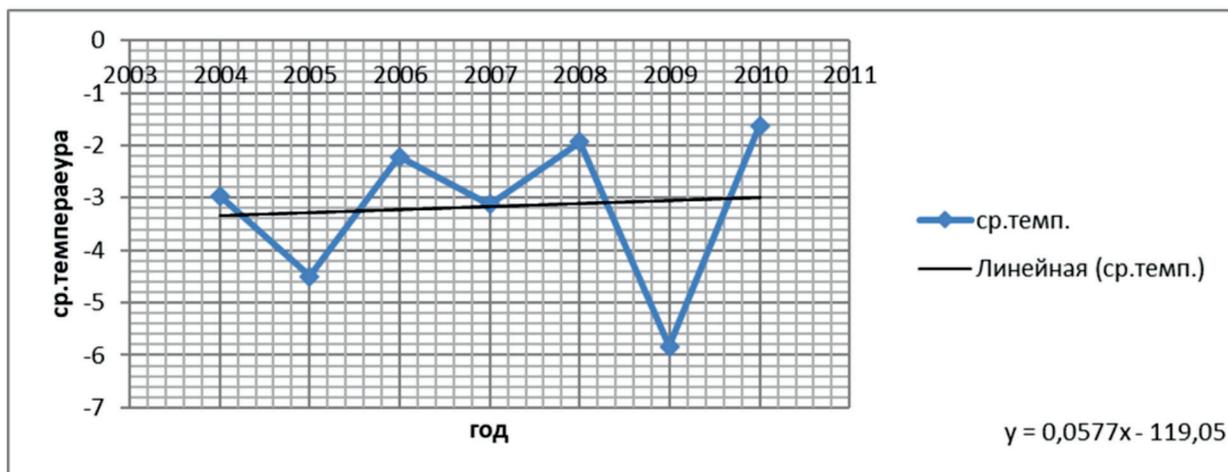


Рис.2. Средняя многолетняя характеристика температуры воздуха по МС Каракуль

**Восток ГБАО. Метеорологическая станция Мургаб.** МС Мургаб расположен в долине реки Мургаб, в юго-восточной части гор Памира. Высота станции 3576 м над уровнем моря. Климат этого региона сухой, с холодным летом и очень холодной зимой с малым количеством осадков. Среднегодовая температура воздуха составляет -1,4°С. Самым холодным месяцем считается январь, где средняя тем-

пература воздуха составляет -16,9°С. Абсолютный минимум температуры воздуха в пределах -39°С градуса мороза. Самый теплый месяц – июль, средняя температура воздуха составляет +12,6°С градуса тепла, а абсолютный максимум температуры воздуха составляет +33°С градуса тепла. Среднегодовая сумма осадков составляет около 75 мм. [2]

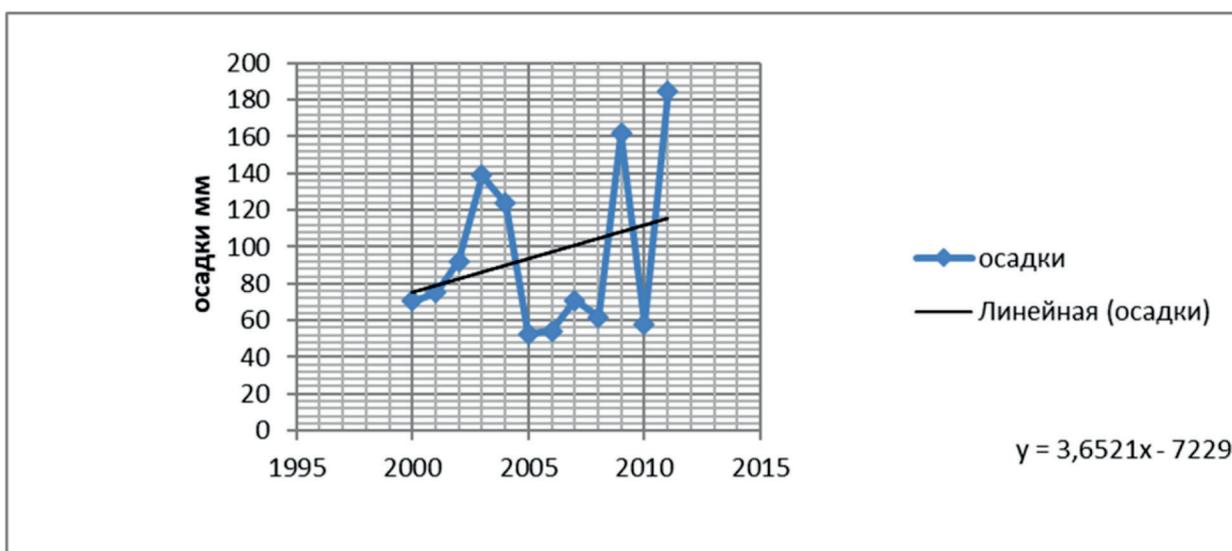


Рис.3. Средняя многолетняя характеристика осадков по МС Мургаб

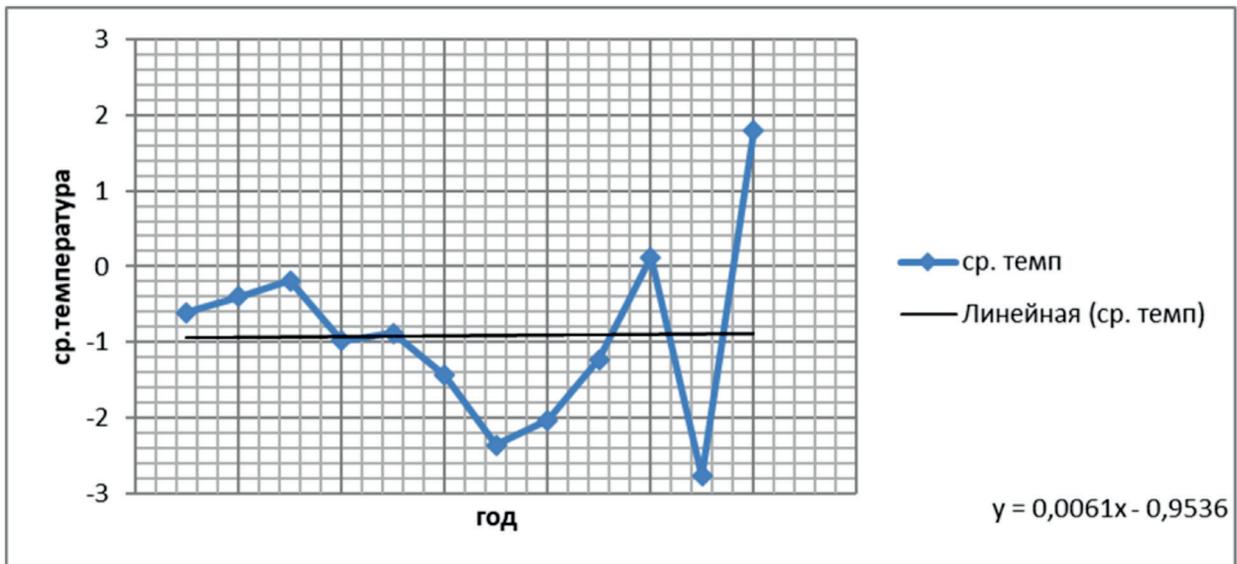


Рис.4. Средняя многолетняя характеристика температуры воздуха по МС Мургаб

**Запад ГБАО. Метеорологическая станция Дарваз.** Климат Дарвазского региона характеризуется недостаточным увлажнением (с теплым летом и умеренно-мягкой зимой). Среднегодовая температура воздуха региона составляет +14,1оС. Среднегодовая температура воздуха самого холодного месяца января –0,4оС. Сред-

негодовая температура августа считается самой теплой, ее температура достигает +28,2 °С, а абсолютный максимум +42 °С. Годовая сумма осадков достигает 468 мм/год. Наиболее активный период годовых осадков наблюдается в марте-апреле, а почти полное их отсутствие наблюдается в августе-сентябре.

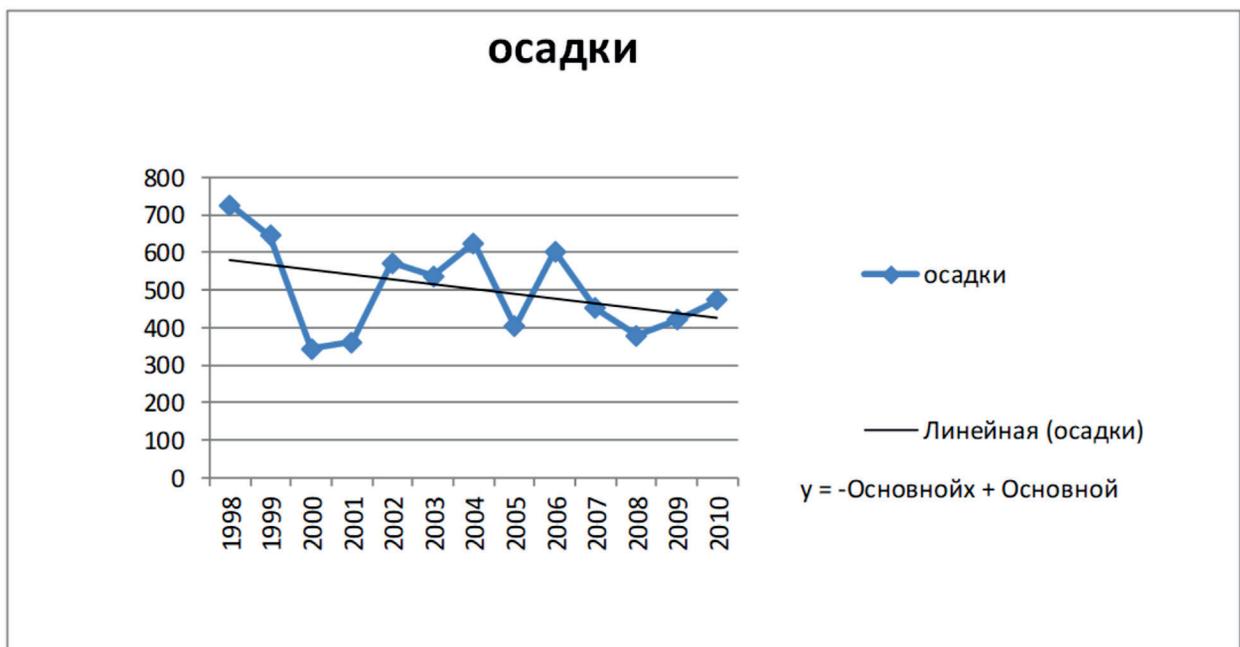


Рис.5. Средняя многолетняя характеристика осадки по МС Дарваз

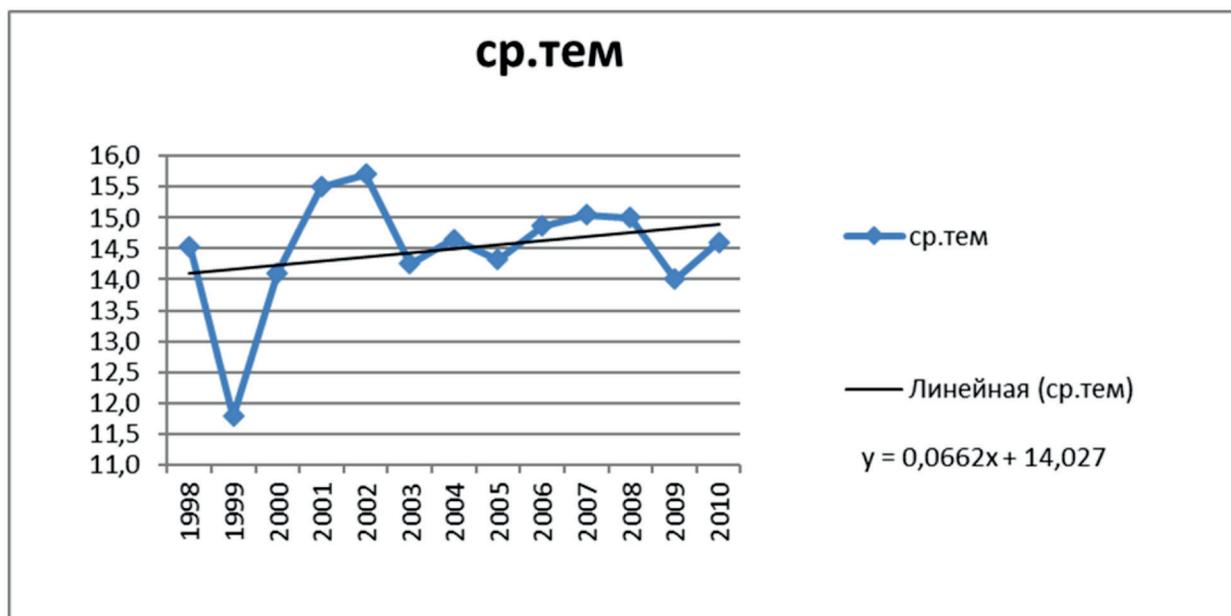


Рис.6. Средняя многолетняя характеристика температура воздуха по МС Дарваз

**Юго-Запад ГБАО. Метеорологическая станция «Хорог».** Высота этой метеостанции составляет 2075 м над уровнем моря. Климат города Хорога характеризуется умеренно жарким летом и продолжительной холодной зимой. Самый холодный период начинается с половины декабря и продолжается до половины февраля, средняя температура территории составляет  $-7,0^{\circ}\text{C}$  в январь месяце, самый теплый период считаются июль и август месяцев. Средняя температура летом составляет  $+22,6^{\circ}\text{C}$  градусов тепла. Самым холодным периодом считается январь месяц, самая

низкая температура воздуха  $-11,7^{\circ}\text{C}$ , но при поступлении больших масс холодного воздуха она может опускаться до  $-20...-27^{\circ}\text{C}$ . Самая жаркая средняя температура воздуха наблюдается в июле-августе, средняя температура которого составляет  $+30,1^{\circ}\text{C}$ , в самые жаркие дни воздух днем прогревается до  $+35^{\circ}\text{C}$ . Осадков в Хороге в марте-апреле достигает 44-53 мм, летом 4-6 мм, в отдельные летние сезоны до 10 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в холодный период ноября-марта, а сумма годовых осадков равняется 169 мм. [3]

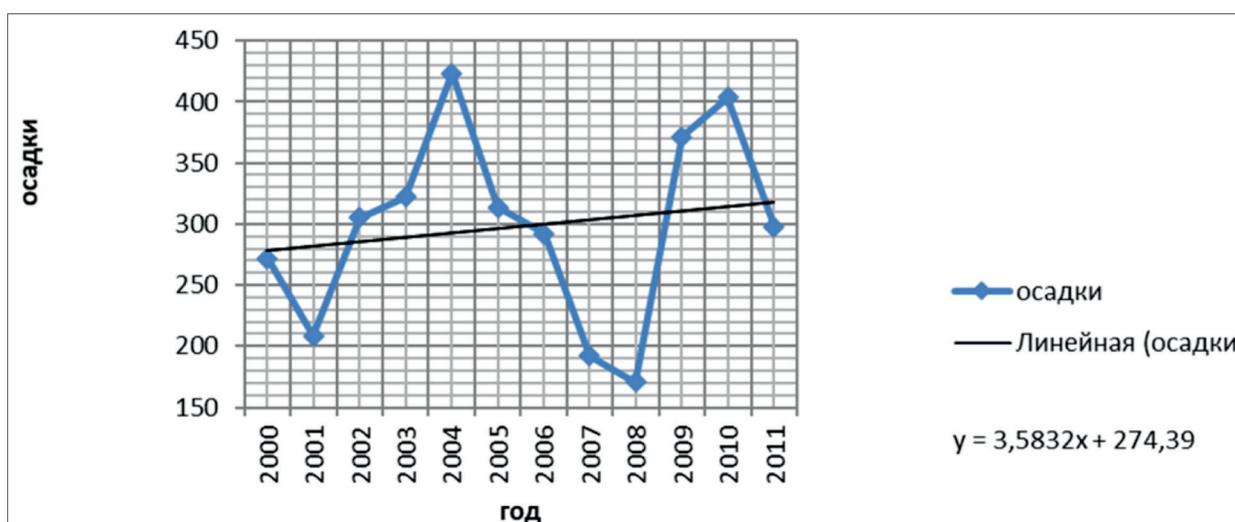


Рис.7. Средняя многолетняя характеристика осадки по МС Хорог

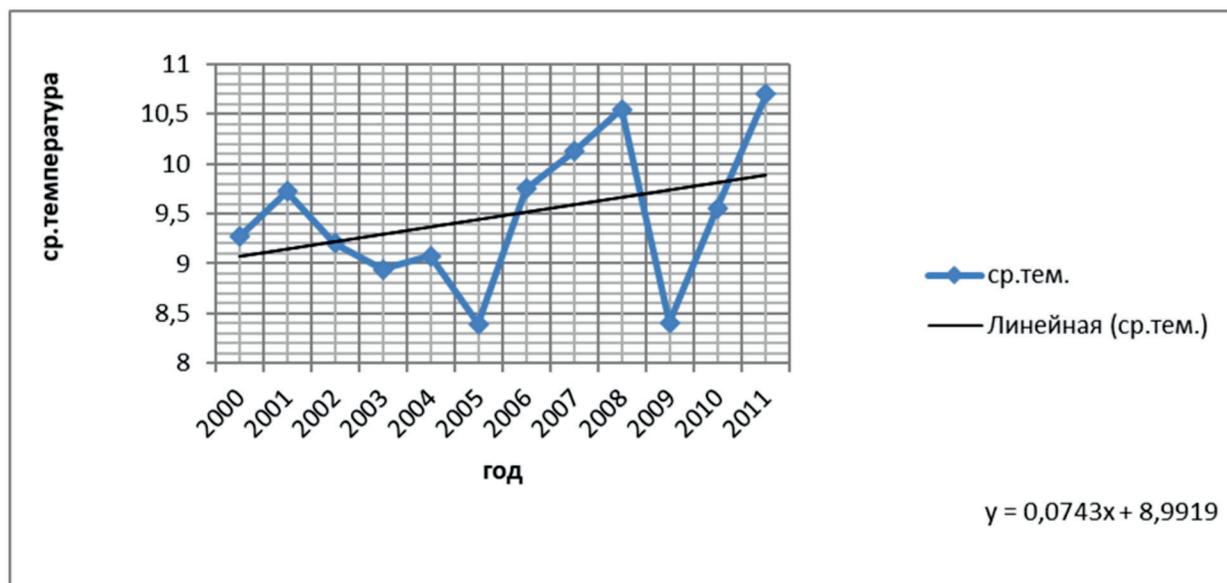


Рис.8. Средняя многолетняя характеристика температура воздуха по МС Хорог

**Химический анализ снежно-ледового покрова.** Работая над архивным материалом по леднику Ванджях за 80-ые годы прошлого столетия, нам и в голову не приходила мысль о том, что снежная и ледовая масса ледника имеют какую-то степень загрязнения. Ежедневно нам приходилось использовать снежную массу, растапливая её в воду, для приготовления пищи и технических нужд. В данное время совсем другая картина. Ледник Ванджях и его некогда чистый снег и кристальный лёд изменились. Причиной таяния великого ледника принято считать глобальное потепление, а теперь появилась новая тенденция - увеличение загрязнения ледника, которое привело к увеличивающейся интенсивности таяния ледников. В последнее время ученые обычно причину загрязнения ледников видят в большой атмосферной циркуляции. Аэрозоли, осаждающиеся на ледниках, как правило, образуются в основном за счет осадков, но чаще осаждаются в сухом виде. Происходящие синоптические процессы

усиливают интенсивность загрязнения. Повторяемость атмосферных явлений на леднике Ванджях практически не зависит от прохождения вокруг него воздушных масс, формирование циклона с последующими осадками все зависит от местного микроклимата, что имеет определенное влияние на состояние ледника, что постепенно меняется.[4]

В 2015 году в ходе «3-й Памирской международной геофизической экспедиции (HEIGE)» по оценке ледника Ванджях немецкие ученые из Баварского центра гляциологии занимались вопросами атмосферных аэрозолей и загрязнения верхнего слоя снега (ледника). Сначала брали пробы с верхней части снега, затем выкапывали снежный колодец на глубину годового снега. Затем второй слой снега переходящего в ледовую массу. И третья проба состояла из льда, которая бралась с помощью ручного бура с поверхности ледового плато. [5]

Таблица 1

Результат химического анализа снега и льда на климатической станции Н.П. Горбунова (ледник Ванджях)

	Al	S	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	As	Sr	Cd	Sb	Cs	Ba	Tl	Ph	Bi	u
	ngg-l	ngg-l	ngg-l	pgg-l	pgg-l	pgg-l	pgg-l	ngg-l	pgg-l										
Pamirs, Fedchenko	Ave	46	60	262	1402	137	4199	48	60	119	951	12	11	12	817	2	461	3	7.4
Abramova (h)4	Mid	100	132	610	3356	345	10599	121	146	254	1814	56	29	25	1958	3.1	1004	7	12.5
Tien Shan (a)	Ave			50				485											
Altai (l)	Mid	1007	246				1820	5.8	10	340	2120	210	31		1200		1470		
European Alps (g,i)8	Ave	12			80														
East European Alps (j)8	Mid												11						
Pamirs, Fedchenko	Max	424	750	3171	15171	1735	55965	478	672	1045	11550	375	115	113	8790	15	4543	27	57
Tien Shan (a)	high	260	544	2031	10628	892	25419	343	370	671	5279	184	79	70	5212	8.1	2682	18	33
Altai (l)	high	5478	264	33398				2306											
Altai (e)3	Max	147			350		5530	50	100	1900	11810	3830			3450		7360		
Alps (g,j)	Max						5900					100			5400		3000		5
East Alps (i)	Max						16000								6300		3100		38
Mont Blanc (l)8	Max												6200				38		
Greenland (g,i)	Max						236						109						
Aretic(k)8	Max												4.4				90		0.21
Antarctica(i)8	Max						20						108						
Pamirs, Fedchenko	Min	2	4	3	95	9	81	3	5	8	27	1	1	1	29	0	26	02	03
Tien Shan (a)	Low	24	39	140	644	73	1820	22	28	64	497	7	7	6	418	1.2	183		3.5
Altai (l)	Low	421	221	2896				224											
Altai (e)	Min	1.5			30		300	1	10	60	65	53			79		108		
Alps (g,j)	Min						1800					20			810		480		2
East Alps (i)	Min						95								365		65		0.7
	Min											1.7					0.7		



Все пробы снега были помещены в специальные пластиковые контейнеры, где глубина ямы была отмечена специальными символами. Были и проблемы, в том числе проблемы со льдом и темной погодой. В целом для анализа верхнего слоя снега была взята проба 3-х метрового слоя снега и пробурена ледяная скважина глубиной 2 метра. Только в самой глубокой форме до пяти метров пробы были собраны на высоте 5400 метров над уровнем моря / Немецкие ученые не только проанализировали образцы снега и льда, взятые с ледника Ванджях, но и сравнили их с данными исследований из разных регионов Земли (стран). [6] Это одна из таблиц большого материала для специалистов, показавших процессы загрязнения верхнего слоя снега и верхнего слоя льда в высокогорной части ледника Ванджях. Это место считалось с «белым снегом» и «хрустальным льдом», но атмосферные аэрозоли и редкие элементы земли фиксируются в высокогорьях Памира уже давно.

В таблице показаны результаты сравнения анализов, взятых на плато ледника Ванджях с результатами аналогичных проб полученных на леднике Абрамова, в горах Тянь Шаня в горах Алтая, Альпах, Арктике и Антарктике, Гренландии.[7]

Заключение по проведённым исследованиям. Данные метеостанций в разных районах Горно-Бадахшанской автономной области (восток и запад, север и юг) показали, что на общей основе повышения температуры и увеличения количества осадков можно предположить создание избыточного увлажнения, которое оказывает косвенное влияние. микроклимат Центрального Памира - бассейн ледника Ванджях. В современную эпоху баланс массы ледника отрицательный, то есть леднику не хватает пищи для поддержания своей массы. Однако в высокогорном районе увеличивается количество проливных дождей, из-за этого улучша-

ется питание ледника. В ближайшие годы ледники, питающие Ванджях, получат столько снега, что баланс их массы будет положительным, таков окончательный вывод специалистов.

#### Литература

1. Адаптация к изменению климата с учётом инвестиций в природные ресурсы // Правительство Таджикистана, Министерство Мелиорации и водных ресурсов, Комитет по охране окружающей среды, Азиатский Банк Развития. Проект ТА-7599-ТАЈ. –Душанбе: -2011 г. – 300 с.
2. Бобиев Д.Ф. Муртазаев Влияние изменения климата на водные ресурсы Республики Таджикистан и связанные с ними орошение и водоснабжение // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: сб. науч. ст. Междунар. науч. конф. – Минск: издат. центр БГУ, -2015. -220 с.
3. Давлятов Р.Р. Технический отчёт проекта «РЕЕР» // НА США. -Душанбе, -2019 г.
4. Каталог ледников СССР. Средняя Азия, Амударья за 1960-1988 гг. // Л.: Гидрометеиздат, -Т.14. -В.3.
5. Пильгуй Ю.Н., Саидов М.С., Хамидов А.Ш. и др. Ледники Таджикистана в условиях изменения климата // Изд-во «Мир Полиграфии». -Душанбе, -2008. - 115 с.
6. Проблемы мелиорации земель и перспективы интегрированного управления водными ресурсами в Таджикистан // Материалы республиканской научно-технической конференции «Проблемы мелиорации и водных ресурсов Республики Таджикистан». -Душанбе, -2010 г., -200 с.
7. Шульц В.Л. Реки Средней Азии // -Л.: -1965. -691 с.

## ТАДҶИҚОТИ НАЗАРИЯВИИ ҲАВЗАИ ЯХШАВИИ ПИРЯХИ ВАНЧЯХ (ФЕДЧЕНКО)

*Талабов О.Д., Рауфов Р.Н.*

**Аннотатсия.** Дар мақолаи мазкур оид ба ҳавзаи пиряхи Ванҷах (Федченко) таҳқиқоти назариявӣ гузаронида шудааст. Муайян гардидааст, ки сохтори забонаи пиряхи Ванҷах бо сабаби тағйирёбии иқлим тағйир ёфтааст.

Маълумоти дидбонгоҳҳои обухавоиносии ноҳияҳои гуногуни Вилояти Мухтори Қӯҳистони Бадахшон (шарқу ғарб, шимолу ҷануб) нишон дод, ки дар асоси баландшавии умумии ҳарорати ҳаво ва зиёдшавии боришот пайдо шудани намии зиёдатӣ тахмин қардан мумкин аст, ки ҳавзаи пиряхи Ванҷах бевосита ба микроиқлими Помири Марказӣ таъсир мерасонад.

**Калидвожаҳ:** пиряхи Ванҷах, тағйирёбии иқлим, ҳарорати ҳаво, боришот, барф.

## THEORETICAL STUDIES OF THE GLACIATION BASIN OF THE VANDZHIAKH GLACIER (FEDCHENKO)

*Talabov O.D., Raufov R.N.*

**Annotation.** This article conducts a theoretical study of the basin of the Vanzhyakh (Fedchenko) glacier. It has been established that the structure of the Vanzhyakh glacier has changed due to climate change.

Data from weather stations in different areas of the Gorno-Badakhshan Autonomous Region (east and west, north and south) showed that, on the general basis of rising temperatures and increasing precipitation, one can assume the creation of excess moisture, which has an indirect effect. microclimate of the Central Pamirs - the basin of the Fedchenko glacier.

**Key words:** Vandzhiakh glacier, climate change, air temperature, precipitation, snow.

**Сведения об авторах:** Талабов Одина Давлатович – заведующий отделом по практике Медико-социального института Таджикистана, тел. 901012143. E-mail: talabov.odina66@gmail.com; Рауфов Рахматулло Негматович – заведующий кафедрой физической географии Государственный педагогической университет им. С.Айни, к.г.н., доцент. Тел. 555555629.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Талабов Одина Давлатович – мудири шуъбаи таҷрибаомӯзии До-нишкадаи тиббию иҷтимоии Тоҷикистон, телефон: 901012143, E-mail: talabov.odina66@gmail.com; Рауфов Рахматулло Негматович - мудири кафедраи географияи табиӣи Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи С.Айни, н.и.г., дотсент, Тел. 555555629.

**Information about authors:** Talabov Odina Davlatovich – head of the department of practice at the Medical and Social Institute of Tajikistan, tel. 901012143. Email. Mail: talabov.odina66@gmail.com; Raufov Rakhmatullo Negmatovich – Head of the Department of Physical Geography, State Pedagogical University named after. S.Aini, Ph.D., Associate Professor. Tel. 555555629.

## ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МУТНОСТИ ШАХТНЫХ ВОД

*Аиуоров Х.Ё.*

*Горно-металлургический институт Таджикистана*

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования по мутности вод шахты «Капитальная» пгт. Чорукдайрона по сезонам года. Показано практическое применение новейших приборов с возможностью турбидиметрического метода определения мутности.

**Ключевые слова:** вода, состав воды, мутность, турбидиметрический метод, шахта

В процессе индустриализации страны, где увеличивается добыча и переработка полезных ископаемых, возникает потребность в очистке и повторном использовании шахтных и сточных вод.

Шахта «Капитальная» расположена в Главной рудной зоне пгт. Чорукдайрона. В период с 1945-ого по 1982-ой годы в этой шахте добывалась руда с целью получения концентрата вольфрама. После перехода на порошковую металлургию шахта осталась без наблюдения и была затоплена водой. Согласно геологиче-

ским данным, дебит воды в этой шахте составляет 120-150 м<sup>3</sup>/ч. В настоящее время в эту шахту запущен глубинный насос, перекачивающий воду для питьевых и сельскохозяйственных нужд.

Одним из основных критериев качества воды является её мутность. Для уточнения мутности воды вышеупомянутой шахты были использованы два турбидиметра типа HI 98703 – производства компании Hanna Instruments, Румыния [1] и турбидиметра производства Xin Rui Instruments, Китай [2].



Рис. 1 Турбидиметр HI 98703

Турбидиметр типа HI 98703 является высокоточным определителем мутности воды. Этот прибор полностью соответствует требованиям EPA и USEPA Method 180.1 для питьевых и сточных вод. Результаты проверки качества воды с помощью вышеуказанного прибора можно считать надежными. HI 98703 - портативный микропроцессорный турбидиметр (мутномер), обеспечивающий лабораторную точность измерений и в полевых условиях. Прибор оснащен современной оптической системой и вольфрамовым источником света, которые обеспечивают надежное и безошибочное измерение мутности. Для большей точности измерительный диапазон разбит на три поддиапазона: от 0.00 до 9.99 NTU с разрешением 0.01 NTU, от 10.0 до 99.9 NTU с разрешением 0.1 NTU и от 100 до 1000 NTU с разрешением 1 NTU (нефелометрических единиц мутности).

Точность измерений зависит от их диапазона и от выбранной функции. В качестве функции можно выбрать единичное измерение, непрерывное измерение и функцию усреднения результата.

Оптическая система прибора уникальна и обеспечивает высокую точность результатов. Он имеет лампу накаливания и два детектора. Детекторы предусмотрены для улавливания проходящего и рассеянного света. Они обеспечивают стабиль-

ность и минимизируют посторонний свет. При калибровке прибора изменение яркости лампы компенсируется. Для проведения измерений мутности воды используются специальные кюветы из оптического и прозрачного стекла (диаметром 25 мм), которые обеспечивают воспроизводимость измерений.

Прежде чем приступать к измерениям, необходимо провести калибровку по стандартным образцам. В комплект прибора включены 4 стандартных образца. Их мутность равна 0.1, 15, 100 и 750 NTU (НЕМ). Сначала была выполнена калибровка по 4 вышеуказанным стандартам, затем проводили измерение мутности воды.

Также для определения мутности воды был использован турбидиметр производства компании Xin Rui Instruments.

Этот прибор стабильно работает при условиях:

- температура окружающей среды 5-35°C;
- относительная влажность не более 80 %;
- напряжение питания  $220 \pm 22$ В;
- частота электрического тока  $50 \pm 1$  Гц.

Турбидиметер должен быть размещен горизонтально над столом и в стороне от прямых солнечных лучей, а также иметь достаточно свободного пространства для теплового излучения.

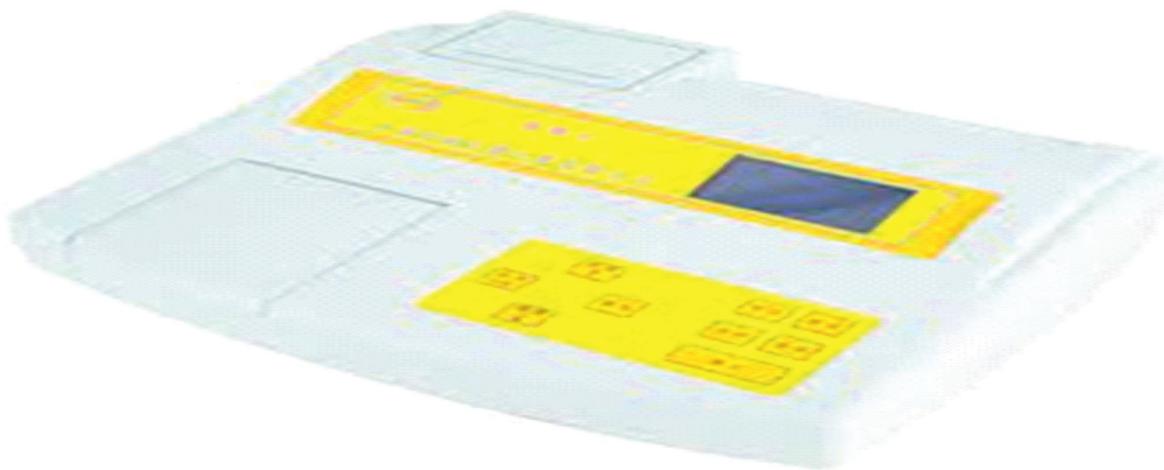


Рис. 2. Турбидиметр производства компании Xin Rui Instruments

При калибровке прибора вначале подготавливается образец воды нулевой мутности, указанный в стандарте ISO 7027 [3]. Дистиллированную воду отфильтровали трижды с применением микропористых фильтрующих мембран с диаметром отверстий 0,2 мкм. Полученная вода используется для нулевой точки калибровки по мутности. Также, эта вода была использована при приготовлении разбавленных растворов из стандартного рас-

твора GBW12001 400, мутности которых составляли 100 и 200 NTU. После приготовления калибровочных растворов прибор калибруется по точкам 0, 100 и 200 NTU и затем проводится измерение мутности воды.

Полученные результаты с помощью данного прибора сопоставимы с результатами, которые были получены с прибором HI 98703 (табл. 1).

Таблица 1

Динамика мутности воды шахты «Капитальная» по сезонам года

№ п/п	Времена года	Мутность, NTU (HEM)		ПДК, NTU (HEM)
		HI 98703	Turbidimeter Xin Rui Instruments	
1	Лето	1,27	1,28	2,6
2	Осень	1,37	1,40	
3	Зима	1,69	1,73	
4	Весна	1,60	1,62	

Из табличных данных видно, что по мутности исследуемой шахтной воды минимальное значение фиксируется летом, а максимальное значение – зимой.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Инструкция по эксплуатации турбидиметра типа HI 98703. Hanna Instruments.
2. Инструкция по эксплуатации турбидиметра. Xin Rui Instruments.
3. Качество воды. Определение мутности. СТ РК ISO 7027 – 2007.

**УСУЛИ ТУРБИДИМЕТРИИ МУАЙЯНКУНИИ  
ТИРАГИИ ОБҲОИ ШАХТАВӢ**

*Аиуоров Х.Ӓ.*

*Аннотатсия. Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқот оид ба тирагии обҳои шахтаи “Капитальная”-и шаҳраки Чорукдайрон вобаста ба фаслҳои сол оварда шудааст. Истифодаи амалии таҷҳизотҳои навтарини дорои имконияти муайянкунии тирагии об бо усули турбидиметрӣ нишон дода шудааст.*

*Калидвожаҳо: об, таркиби об, тирагӣ, усули турбидиметрӣ, шахта.*

## TURBIDIMETRIC METHOD FOR DETERMINING THE TURBIDITY OF MINE WATER

*Ashurov Kh. Yo.*

**Annotation.** *The article presents the results of a study on the turbidity of the waters of the «Kapitalnaya» mine in the town. Chorukdayron by seasons of the year. Practical applications of the latest instruments with the possibility of a turbidimetric method for determining turbidity are presented.*

**Key words:** *Key words: water, water composition, turbidity, turbidimetric method, mine.*

**Сведение об авторе:** Ашуров Хайруддин Ёрович, кандидат технических наук, доцент кафедрой математики и информационных технологии Горно-металлургического института Таджикистана, Тел.: +992 92 773 99 98, e-mail: zukhal86@gmail.com.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Ашӯров Хайруддин Ёрович, номзади илмҳои техникаӣ, дотсенти кафедраи математикаи олии ва информатикаи Донишқадаи кӯхию металлургии Тоҷикистон, Тел.: +992 92 773 99 98, e-mail: zukhal86@gmail.com.

**Information about the author:** Ashurov Khairuddin Yorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics and Information Technology Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan, Phone: +992 92 773 99 98, e-mail: zukhal86@gmail.com.

УДК 502.504:556.5

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТЬ – ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЛАГОСОСТОЯНИЯ НАРОДА И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА

*Икромов И.И., Икромов Илхом И., Икромии М.И.*

*Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемура*

**Аннотация:** *в статье обобщено, что водные ресурсы являются наиболее важными ресурсами из всех вовлекаемых в процессе жизнедеятельности человечества природных ресурсов и, по массе в 30 раз превышает потребление всех материалов вместе с перемещаемой при их добыче породой. Также, обосновано, что по степени обеспеченности чистой питьевой водой, наши большие города ни чем не уступают, некоторых больших городов развитых стран мира, но однако в нашей стране вода используется нерационально, с большими потерями – в больших городах более 60 %, а в средних городах и поселках 20 %, связанные со старением и изношенностью имеющийся инфраструктуры. В городах и поселках только 68 % имеющейся инфраструктуры находится в рабочем состоянии, 7 % работает частично и 25 % совершенно не работает. Приведены необходимость обеспечения водой некоторых отраслей экономики страны, в том числе хозяйственно-питьевое водоснабжение, сельское хозяйство, промышленность и др. в необходимом количестве и нужного качества и, обоснована, что благосостояния народа и развития производства также непосредственно зависит от степени обеспеченности водой.*

*Для предотвращения или хотя бы сокращения потери воды и обеспечения эффективного ее использования, рекомендуется, провести ремонт и восстановление всех имеющихся инфраструктур водоподачи, транспортировки, распределения и использования воды с ориентацией на инновационные технологии.*

**Ключевые слова:** *водные ресурсы, водобеспеченность, хозяйственно-питьевое водоснабжение, сельское хозяйство, промышленность, энергетика.*

Все виды воды расположенные в поверхностных и подземных водных объектах, атмосфере, почве и в материальном производстве составляют водные ресурсы. Вода является самым важным из вовлекаемых в человеческое хозяйство природных ресурсов, по объему ежегодного использования она намного превосходит массу всех вместе взятых других добываемых ресурсов. В процессе потребления ресурсов человечество ежегодно перемещает порядка 300 млрд т грунта и пород, когда как из разнообразных водных источников в конце прошлого столетия каждый год отбиралось более 4000 км<sup>3</sup> (41012 т) воды. В процессе жизнедеятельности человечество фактически использует воды значительно больше. С учетом рециклирование воды, реальное ее потребление человечеством в конце прошлого века оценивалась величиной 9000 км<sup>3</sup> в год что в 30 раз превышает потребление всех остальных веществ вместе с перемещаемой при их добыче пород [1,2].

Под водообеспеченностью следует понимать обеспеченность всех потребителей водой, в том числе хозяйственно-питьевое водоснабжение, промышленность, сельское хозяйство и другие отрасли экономики страны в необходимом объеме и в нужном качестве. Оно осуществляется посредством проведения комплекса технических, организационно-хозяйственных, проектно-изыскательских, строительного-монтажных и эксплуатационных мероприятий. Все отрасли экономики страны, для своего функционирования и развития, требуют определенный объем воды. Рассмотрим некоторые из них.

Питьевое водоснабжение. Подача воды для хозяйственно-питьевые нужды имеет свою специфику, заключающегося в тонкую очистку и обеззараживания воды до требуемого стандартными нормами качества. Так, авторами [3] установлено, что загрязнение питьевой воды химическими и биологическими ксено-

биотиками способствует образованию и распространению ряда болезней, который имеют эпидемиологического характера, и отрицательно влияет на здоровье нации. Или, микробное и вирусное загрязнение создает риск кишечных инфекций. Таким образом, внедрение системы социально-гигиенического мониторинга и оценки риска позволяет подтвердить влияние питьевой воды с нарушенными гигиеническими нормативами на заболевания различных органов человека. Поэтому следует отметить, что обеспечение населения чистой питьевой водой имеет важное санитарно-гигиеническое и социально-экономическое значение, так как оно предупреждает вспышки эпидемиологических заболеваний, распространяемые посредством воды, снижению уровня заболеваемости и следовательно, повышению работоспособности населения и развитию производства. Исходя из этого, как отмечается в Программе реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 годы питьевое водоснабжение и санитария являются важнейшим подсектором водного сектора и его развитие считается первостепенным приоритетом Правительства Республики Таджикистан. Объем воды используемый этим подсектором составляет порядка 400 млн. м<sup>3</sup>/год. Из этого объема 103-105 млн. м<sup>3</sup> используется непосредственно населением. Нужды питьевого водопотребления и санитарии составляют менее 5 % от общего объема водопотребления всей страны [4].

Важность вопросов водоснабжения населения, повышения их доступа к чистой питьевой воде и санитарным условиям отражены как в Программе реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 годы [4], так и в Национальной стратегии Республики Таджикистан на период до 2030 года [5, 6]. Однако, в настоящее время только 51,4 % населения Таджикистана, в том числе 86,9 % городского населения, 61,5 % поселков и 43,4 %

сельского населения обеспечены питьевой водой и соответственно 79,8 %, 18,2 % и 0,2 % населения системами канализации и хорошими санитарными условиями [4], что не соответствует современным международным требованиям.

Очевидно, что чем выше уровень жизни и благосостояния населения, тем больше потребуется расход воды. Согласно, утвержденным Правительством Республики Таджикистан от 30 апреля 2011 года, № 234 «Положения об использовании системы водоснабжения и канализации в Республики Таджикистан» в зависимости от способа подачи воды потребителям в хозяйственно-питьевое водоснабжение и их использование, норма расхода воды для каждого потребителя в сутки колеблется в очень больших пределах – от 50 л/сут. при использовании воды из уличных колонок, обычно в сельских населенных пунктах до 480 л/сут. в высокоэтажных зданиях (свыше 12 этажей) с повышенным требованиям к их благоустройству в городских системах водоснабжения [7, 8]. Для сравнения можно привести следующие факты: потребление воды из водного объекта или из систем водоснабжения в Германии: 127 литров на человека в день (т.е. в сутки), в США – 296, Россия – 278, в Москве – до 400. [9]. Сравнительный анализ показывает, что в наших городах хозяйственно-питьевое водоснабжение находятся на уровне развитых городов мира, даже по водообеспеченности лучше них. Однако, как показывает практика фактически подаваемый расход воды в сети водопровода составляет гораздо больше, связанное с потерями в сети и неэффективное использование потребителями. Потери воды составляет в больших городах республики более 60 %, а в средних городах и поселках 20 %, связанные со старением и изношенностью имеющийся инфраструктуры. В городах и поселках только 68 % имеющейся инфраструктуры находится в рабочем состоя-

нии, 7 % работает частично и 25 % совершенно не работает. В сельской местности только 40 % имеющейся инфраструктуры в рабочем состоянии, 44 % функционируют частично и 16 % совершенно не работает [10, 11].

Для предотвращения потери водных ресурсов, рационального их использования, способствующие повышению водообеспеченности и доступа населения к чистой питьевой воды требуется реконструкция и модернизация устаревших и изношенных сооружений систем водоснабжения и санитарии и, их строительство на местах не имеющих таких систем. В дополнение к этому следует отметить, что для уменьшения потери воды требуется повысить культуры водопользования населения.

Для реконструкции и модернизации устаревших и изношенных сооружений систем водоснабжения и санитарии необходимо значительные материально-финансовые вложения. Учитывая это Правительством Республики Таджикистан реализованы и реализуется ряд проектов как из государственного бюджета, так и совместно с партнерами по развитию, которые частично (на примере реализации проектов по реконструкции сооружений систем водоснабжения и водоотведения города Душанбе) приведены в работе [11].

В Послании Лидера нации Маджлиси оли Республики Таджикистан от 23 декабря 2022 года было отмечено, что в рамках “Программы реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 годы” об обеспечении население страны чистой качественной питьевой водой, совместно с партнерами по развитию реализуется государственное финансирование 52 проекта на сумму 7,8 млрд. сомони [12].

Следует отметить, что ввиду реализации таких проектов за последние 10-15 лет состояние доступа населения страны к чистой питьевой воды и санитарным

условиям значительно улучшилось. В десятки отдаленных от центра сельских населенных пунктов и поселков, построены новые водопроводные линии и другие сооружения системы водоснабжения и, реконструированы старые – изношенные сооружения в районных центрах и городов, следствием которого значительно улучшилось водообеспеченность потребителей.

Сельское хозяйство. Основным водопотребителем в нашей стране, в настоящее время является сельское хозяйство и, на наш взгляд останется еще на долгое время. Объем потребляемой воды здесь, необходимого для орошения сельскохозяйственных культур, составляет около 85 % от общего объема воды потребляемого во всех отраслях экономики страны. С учетом водоснабжения сельских населенных мест и сельскохозяйственных предприятий (примерно 9 %) этот показатель оставляет более 90%.

Следует отметить, в нашей республике более 90% объема производства продуктов растениеводства возделываются на орошаемых землях, которые составляют 85% площади пашни [13]. На орошаемых землях возделываются практически все сельскохозяйственные культуры: зерновые, технические, овощные, сады и виноградники, цитрусовые и др. Урожайность этих и других культур на поливных землях в 2-3 и более раза больше чем на неорошаемых. Поэтому достаточная водообеспеченность отрасли сельского хозяйства с одной стороны повышает урожайность сельхозкультур и валовый сбор продукции сельскохозяйственного производства, а с другой стороны способствует повышению занятости населения, снижает уровень трудовой миграции и положительно влияет на уровень и качества их жизни, т.е. она также способствует решению социально-экономических и в некоторой степени политических проблем страны, особенно в сельских местностях.

Животноводство, наравне с растениеводческим сектором, является важным сектором сельскохозяйственной отрасли. К сожалению, в настоящее время обеспеченность населения республики продуктами животноводства, в частности мясо-молочными, находится на недостаточном уровне, что требует развитие этого сектора сельского хозяйства. Одним из основных возможных путей развития животноводства является создание достаточной кормовой базы и хорошие условия в сезонных пастбищах, особенно культурных. Для повышения эффективности культурных пастбищ их обводнения, т.е. обеспечение достаточным объемом воды для их орошения, сыграет важную роль. Немаловажную роль сыграет также и состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения сезонных пастбищ и сооружений этих систем. Такие сезонные пастбища имеются в районах Шаартус, Кабадиан, Вахш, Пяндж, Пархар, Дангара, Ашт, Б.Гафуров, Канибадам, Матча и др. Следует отметить, что системы питьевого водоснабжения сезонных пастбищ построены в 50-70-ые годы прошлого столетия, которые практически все их сооружений и коммуникации изношены и непригодны к дальнейшей эксплуатации, требуется капитальный ремонт и реконструкция системы [14].

Промышленность. Четвертое важное стратегическое направление развития Республики Таджикистан является индустриализация страны, т.е. переход от аграрно-индустриальной страны к индустриально-аграрной, достигнуть которого намечена до 2030 года.

Индустриальные предприятия, как тяжелая так и легкая промышленность для производства продукции требуют определенных объемов воды. Расходы воды на производственные (технологические) нужды промышленных предприятий принимаются на основании технологических расчетов. В этих предприятиях вода нуж-

на для охлаждения оборудования, парообразование и другие производственные нужды. Иногда крупные промышленные центры расходуют больше воды чем даже крупные города и, бывает так, что себестоимость произведенной продукции сильно зависит от израсходованного объема воды для его производства. Это наглядно можно представить из следующих примеров: для производства 1 т цемента цементный завод расходует от 2 до 13,5 м<sup>3</sup> воды, для технологического процесса переработки 1 т стали и чугуна металлургическому комбинату или заводу требуется в пределах от 220 до 245 м<sup>3</sup> воды, для выпуска 1 т цинка цинковому заводу необходимо 374-490 м<sup>3</sup> воды, для выпуска 1 т продукта в сульфитно-целлюлозный завод потребуется 320-385 м<sup>3</sup> воды и т.д. [15].

В настоящее время годовое водопотребление сектора промышленности в Таджикистане равняется 240-300 млн. м<sup>3</sup>, а ее доля в структуре общего водопользования составляет всего 2-3 %, когда как доля промышленности в водопотреблении мира составляет около 25 %. Этот показатель, например для таких развитых странах мира как Англия, Германия и Франция находится в пределах 71-87 % от суммарного водопотребления [15]. То есть, развитие промышленности требует выделение соответствующего объема воды и, подача воды соответствующей мощности предприятия для производства максимального объема продукции способствует ее развитию. Следует отметить, что в некоторых промышленных предприятиях предъявляют строгие требования к качеству воды, например пищевая промышленность требует воду питьевого качества; вода, падаваемая в текстильной промышленности, во избежание брака выпускаемого продукта, в своем составе не должна содержать железа или, вода, идущая на питание паровых котлов должна содержать минимальное количество

солей и т.д. Из сказанного следует, что достаточная водообеспеченность промышленных предприятия, с требуемым качеством, безусловно положительно влияет на их развития и развития отрасли в целом и, этим самым способствует достижению одной из важной стратегической задачи – индустриализации страны.

Энергетика. Основу энергетики нашей страны составляет гидроэнергетика. Таджикистан по потенциальным запасам гидроресурсов (527 млрд. Квт. час) входит в первую десятку стран мира и, занимает восьмое место, из которого порядка 40-50 % считается технически возможным. Ежегодно для выработки порядка 17 млрд. Квт. часов электроэнергии используется нашими ГЭС 30-35 куб. км воды. В настоящее время освоено всего 5-6% технически возможные для использования гидроэнергетические ресурсы страны. С введением в действие Рогунской ГЭС в полную мощность, состояние энергообеспеченности не только нашей республики но и стран региона чистой зеленой и дешевой энергией будет значительно улучшиться, а наша страна устойчиво наступить на путь индустриализации производства, что значительно повысит экономики республики.

Вода нужна и для благоустройства территории государственных и негосударственных предприятий, населенных пунктов, поселок и городов. Она нужна здесь для соблюдения санитарно-эпидемиологические условия, поливки и промывки улиц, скверов и площадей, полива зеленых насаждений, парков и цветников. Благоустроенная территория создает во-первых, благоприятную атмосферу окружающей среде, что произведет хорошие впечатление о эстетически настроенном обществе, воспитывает народ, и особенно молодежь в духе современного мира и, во-вторых придает благоприятное настроение людям в семье и трудящимся на рабочем месте. Все эти положительные эмоции

безусловно положительно влияют на благосостояния народа, развитие общества, все виды производства и следовательно экономики страны.

Таким образом, обеспечение всех потребителей, в том числе коммунально-хозяйственный, индустриальный, сельскохозяйственный и другие отрасли экономики необходимым объемом воды соответствующего качества при достаточном запасе водных ресурсов не представляет ни каких проблем. Однако в условиях ограниченности водных ресурсов в регионе Центральной Азии решение таких задач требуют специального подхода и, прежде всего инновационного. Для этого необходимо внедрять во всех отраслях экономики не только нашей страны и других стран региона инновационные, водосберегающие технологии и технические средства для их практического осуществления. При этом учет и отчетности использованной воды считается обязательным, что требует внедрение повсюду (в точках забора, выдела и использования воды) водоучитывающих сооружений, устройств и приборов.

В дополнение к существующему дефициту водных ресурсов в регионе, фактор регионального и местного изменения климата на фоне глобального потепления усугубляет решение водообеспеченности названных и других отраслей экономики не только в нашей стране, но и в Центральноазиатском регионе в целом. Дело в том, что в последние десятилетия из-за влияния изменения климата, сопровождающего интенсивное таяние ледников, запасы чистой воды год от года уменьшаются, что отрицательно влияет на водообеспеченность всех сфер экономики страны, в том числе и в хозяйственно-питьевого водоснабжения. Следствие постепенного уменьшения запасов чистой воды и демографического роста населения республики, который составляет 2,5 % в год [5] объем природной воды

приходящегося на душу населения год от года уменьшается. Если в 1991 году на душу населения республики приходилось 11916 м<sup>3</sup> природных водных ресурсов, то в 2015 году этот показатель снизился на 35 % и составлял 7711 м<sup>3</sup> [10]. Более того, согласно прогнозным расчетам к 2030 году население республики превысит 11 миллионов человек и, к 2050 году доходит до 17 миллионов [5]. Тогда объем воды, приходящий на душу населения страны, будет еще значительно сократиться, а их обеспеченность водными ресурсами с учетом еще более улучшенного условия жизни и повышения их благосостояния, что заложена в человеческой натуре и все стремятся к этому, снизится почти в два и более раза. Все это заставляет водопотребителей думать о бережном отношении к водным ресурсам и применять инновационные водосберегающие технологии во всех сферах человеческой деятельности для полного обеспечения как нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения, так и для развития производства и следовательно экономики страны.

Заключение. Обобщая вышеизложенное можно заключить, что водные ресурсы являются наиболее важными ресурсами из всех вовлекаемые в процессе жизнедеятельности человечества природных ресурсов и, по массе в 30 раз превышает потребление всех материалов вместе с премешаемой при их добыче породой. Развитие всех отраслей экономики страны, в том числе сельское хозяйство, промышленность, энергетика и др. зависят также и от их обеспеченности водой и, например, в промышленном предприятии для обеспечения его развитие выделяемый объем воды должен соответствовать объему выпускаемой продукции при максимальной производительности предприятия, а выделение требуемого – нормативного объема воды в хозяйственно-питьевого водоснабжение, может

обеспечить хорошие условия жизни населения.

Для устранения потери воды и повышения эффективности ее использования необходимо устранить имеющиеся недостатки в сооружениях и системах подачи, транспортировки, распределения и использования воды, т.е. провести ремонтно-восстановительные работы практически во всех имеющихся коммуникациях с ориентацией на инновационные технологии.

### Список литературы

1. Данилов Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. М.: ООО “Типография ЛЕВКО”, Институт устойчивого развития/Центр экономической политики России. 2009. -88 с.
2. Helmer R. Water Demand and Supply // Nucl. Desalinat Sea Water. Proc. Int. Sump., Taejon, 26-30, may, 1997. Vienna, 1997. P. 15-24.
3. Краснова Т.А., Юстратов В.П., Позняковский В.М. Экспертиза питьевой воды. Качество и безопасность М.; ДеЛи принт, 2011, -280с.
4. Программа реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 годы. Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 декабря 2015 года, №791.
5. Национальная стратегия Республики Таджикистан на период до 2030 года. -Душанбе, -2016. -88с.
6. Сарфай об. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://www.mewg.tj/?page\\_id=442&lang=tj](https://www.mewg.tj/?page_id=442&lang=tj)
7. Положения об использовании системы водоснабжения и канализации в Республике Таджикистан, утвержденного Правительством Республики Таджикистан от 30 апреля 2011 года, № 234.
8. Икромов И.И., Икромов И.И. Обтаъминкунӣ. Китоби дарсӣ. Вазорати маориф ва илми Ҷумҳурии Тоҷикистон ба сифати китоби дарсӣ барои донишҷӯёни муассисаҳои таҳсилоти олии касбӣ тавсия кардааст. Душанбе. “Ирам 2017”. 2020. -240 с.
9. Водные ресурсы и водообеспеченность. Интернет ресурс. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3994188/page:21/>
10. Закон Республики Таджикистан «О питьевом водоснабжении и водоотведении», принятый постановлением Маджлиси намояндагон (МН) Маджлиси олии Республики Таджикистан МОРТ от 7 июня 2019 года, №1375, одобренный постановлением Маджлиси милли (ММ) МОРТ от 11 июня 2019 года, № 694.
11. Икромов И.И., и др. Реализация государственных программ в области водоснабжения и водоотведения – основа благосостояния граждан Таджикистана / Икромов И.И., Рахмонзода Ф.А., Икромов Илхом.И., Икромов М.И., Джураева М.А./Водные ресурсы энергетика и экология. ИВПГиЭ НАНТ. Специальный выпуск посвященный Конференции ООН по среднесрочному обзору целей Международного десятилетия действий “Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы”, которая проведена с 22 по 24 марта 2023 г. В г. Нью-Йорке под председательством Республики Таджикистан и Королевства Нидерландов. Душанбе 2023. Том 3 (№1). -С.31-38.
12. Ироаи Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба Маҷлиси Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон. [Захираи электронӣ]. Речаи дастрасӣ: <https://www.kumitaizabon.tj/tg/content/iroai-payomi-prezidenti-chumkhurii-tochikiston-ba-machlisi-olii-chumkhurii-tochikiston>
13. Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон “Дар бораи самтҳои асосии сиёсати дохилӣ

ва хориҷии ҷумхури” 23 декабри соли  
2022. Душанбе “Шарқи озод”, 2022.  
-48 с.

14. Шарипов Г.В. Об, ҳаёт, сиёсат. Ду-  
шанбе, “Недра”, 2013, -140с.  
15. <https://www.google.com/search>

## ЗАХИРАҶОИ ОБӢ ВА ТАЪМИН БУДАН БО ОБ – ОМИЛҶОИ АСОСИИ ТАЪМИНКУНАНДАИ НЕКӢАҶВОЛИИ АҶОЛӢ ВА РУШДИ ИСТЕҶСОЛОТ

*Икромов И.И., Икромов И.И., Икромӣ М.И.*

**Аннотатсия:** дар мақола асоснок карда шудааст, ки захираҳои обӣ, дар муқоиса бо дигар захираҳои табиӣ, захираи аз ҳама муҳимтарине мебошад, ки дар ҷараёни фаъолияти инсоният истифода бурда мешавад ва аз рӯйи масса нисбат ба тамоми дигар маводҳо яққоя бо ҷинсҳои, ки барои коркард аз як ҷой ба ҷойи дигар интиқол дода мешаванд 30 маротиба зиёдтар аст. Инчунин асоснок карда шудааст, ки аз рӯйи дараҷаи таъмин будан бо оби тозаи нӯшоқӣ шаҳрҳои калони мо аз баъзе шаҳрҳои калони давлатҳои тараққиқардаи дунё мондани надорад вале, дар мамлақати мо об нооқилона, бо талафи зиёд истифода бурда мешавад, ки он дар шаҳрҳои калон бештар аз 60 %, дар шаҳрҳои миёна ва мақтаъҳо (носёлкаҳо) 20 % -ро ташиқил медиҳад ва сабаби ин қўҳна ва фарсуда шудани инфрасохтори мавҷуда мебошад. Дар шаҳрҳо ва мақтаъҳо ҳамагӣ 68 % инфрасохтори мавҷуда коршоям буда, 7 % қисман кор мекунад ва 25 % тамоман кор намекунад. Зарурияти бо об таъмин намудани баъзе соҳаҳои иқтисодӣ кишвар, аз ҷумла обтаъминкунии хоҷагии нӯшоқӣ, кишоварзӣ, саноат ва ғ. ба миқдори зарурӣ ва бо сифати лозимӣ оварда шуда, асоснок карда шудааст, ки неқўаҳволии мардум ва тараққиёти истеҳсолот инчунин бевосита аз таъмин будан ба об низ вобастагӣ дорад.

Барои бартараф ё ки аққалан кам кардани талафи об ва таъмин намудани истифодаи самараноки он тавсия дода мешавад, ки тамоми коммуникатсияҳои мавҷудбудаи обдиҳӣ, обрасонӣ, тақсимот ва истифодабарии об бо дарназардошти технологияҳои инноватсионӣ таъмир ва таҷдид карда шавад.

**Калидвожаҳо:** захираҳои обӣ, таъмин будан бо об, обтаъминкунии хоҷагии нӯшоқӣ, кишоварзӣ, саноат, энергетика.

## WATER RESOURCES AND WATER AVAILABILITY ARE THE MAIN FACTORS ENSURING THE WELFARE OF THE PEOPLE AND THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION

*Ikromov I.I., Ikromov I.I., Ikromi M.I.*

**Annotation:** the article proves that water resources are the most important resources of all natural resources involved in the life of mankind and, by weight, 30 times exceeds the consumption of all materials together with the rock mixed during their extraction. Also, it is proved that our large cities are not inferior to some large cities of developed countries in terms of the availability of clean drinking water, but however, water is used irrationally in our country, with large losses – in large cities more than 60%, and in medium-sized cities and towns 20%, associated with aging and the deterioration of the existing infrastructure. In cities and towns, only 68% of the existing infrastructure is in working condition, 7% is partially operational and 25% is completely out of service. The necessity of providing water to some sectors of the country's economy, including household and drinking water supply, agriculture, industry, etc. are also given. in the necessary quantity and the right quality, and it is proved that the welfare of the people and the development of production also directly depends on the degree of water availability.

In order to prevent or at least reduce water loss and ensure its effective use, it is recommended to repair and restore all existing water supply, transportation, distribution and use of water infrastructures with a

*focus on innovative technologies.distribution and use of water infrastructures with a focus on innovative technologies.*

**Keywords:** *water resources, water availability, drinking water supply, agriculture, industry, energy*

**Сведения об авторах:** Икромов Ислонкул Истамович, доктор технических наук, профессор, профессор ТАУ им. Ш.Шохтемура; Икромов Илхомжон Ислонмович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ТАУ им. Ш.Шохтемура; Икромии М.И., соискатель ТАУ им. Ш.Шохтемура;

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Икромов Ислонкул Истамович, доктори илмҳои техникӣ, профессор, профессори ДАТ ба номи Ш.Шохтемур; Икромов Илхомҷон Ислонмович, номзади илмҳои техникӣ, дотсент, мудири кафедраи ДАТ ба номи Ш.Шохтемур; Икромӣ М.И., унвонҷӯи ДАТ ба номи Ш.Шохтемур.

**Information about authors:** Ikromov Islomkul Istamovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the TAU named after Sh. Shokhtemur; Ikromov Ikhomzhon Islomovich, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of the TAU named after Sh. Shokhtemur; Ikromi M.I., applicant TAU named after Sh. Shokhtemur.

## МЕЪЁРҲОИ БАҲОДИҲИИ ИСТИФОДАБАРИИ МАНБАЪҲОИ БАРҚАРОРШАВАНДАИ ЭНЕРГИЯ ДАР СИСТЕМАИ ТАЪМИНИ БАРҚИ НОҲИЯИ МУРҒОБИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

*Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Ҷамолзода Б.С.  
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ*

*Аннотатсия.* Дар мақола дар асоси критерияҳои пешниҳодгардидаи истифодабарии манбаъҳои барқароршавандаи энергия, имкониятҳои потенциали истифодабарии захираҳои энергияи бодӣ дар минтақаҳои дурдасти Ҷумҳурии Тоҷикистон муайян карда шудаанд, ки байни онҳо ба ноҳияи баландкуҳи Мурғоб афзалияти зиёд дода шудааст. Барои ин минтақа таҳлили иловагии муфассали параметрҳои бод (коэффициенти тағирёбии суръати бод ва тавоноии хоси сели бод) дар баландиҳои гуногуни мушоҳидаҳои метеорологӣ гузаронида шудааст.

*Калидвожаҳо:* манбаъҳои барқароршавандаи энергия, суръати миёнаи бод, дастгоҳҳои энергетикӣ бодӣ, системаи таъминоти барқ.

**Муқаддима.** Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон (ҶТ) ба таври васеъ истифода бурдани дастгоҳҳои энергетикӣ манбаъҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ), пеш аз ҳама, барои беҳтар намудани сифати таъминоти барқи истеъмолкунандагони ноҳияҳои дурдаст равона карда шудааст. Ҷорӣ намудани ГТ дар асоси манбаъҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ) ба рушди “Энергияи сабз” дар ҶТ мутобиқи қонунгузориҳои амалкунанда – Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 19 сентябри соли 2013 № 1018 “Дар бораи сарфаи энергия ва самаранокии энергия” [1, с.1] ва Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 12 январи соли 2010 “Дар бораи истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия” [2, с.3] таъсири мусбат мерасонад.

Ноҳияи баландкуҳи Мурғоб яке аз минтақаҳои дорои шароити нодири табию иқлимӣ ҶТ ба ҳисоб рафта, барои истифодаи МБЭ [3, с.344, 4, с.38]: офтоб, шамол, нерӯи обӣ ва ғ. Миёни онҳо энергияи офтоб ва шамол мавқеи калидиро ишғол менамоянд, ки вақтҳои охир дар тамоми ҷаҳон васеъ истифода бурда мешаванд.

Ноҳияи баланкуҳи мурғоб минтақаи дорои сатҳи миёнаи энергияи бод ба ҳисоб меравад. Хarakterистикаи асосиаш ин нобаробар тақсим шудани суръати бод

дар тамоми ҳудуди ноҳия ва интесивияти он дар моҳҳои алоҳида дар давоми сол ба ҳисоб меравад. Аз ин лиҳоз, лозим аст, ки ноҳияи баландкуҳи Мурғобро бо истифода аз усулҳои ҳисобҳои мувофиқ бо назардошти схемаи нави таъмини барқи истеъмолкунандагон таҳия ва баҳогузорӣ намоем.

**Объекти тадқиқот** - системаи таъмини барқи ноҳияи баландкуҳи Мурғоб бо истифода аз манбаъҳои барқароршавандаи энергия.

**Мақсади кор** – Баҳодихӣ ва таҳлили истифодабарии манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар системаи таъмини барқи ноҳияи баландкуҳи Мурғоб.

**Таҳлил ва арзёбии потенциали энергияи бод.** Барои таҳияи схемаи нави таъмини барқи истеъмолкунандагон баҳогузорӣ намудани параметрҳои асосии бод, маълумоти ибтидоӣ доштан лозим мебошад. Тавсифот ва параметрҳои асосиро бо мувофиқа аз ҳуҷҷати меъёрии [5] интихоб менамоем, ки онҳо ба се навъи асосӣ тақсим мешаванд. Навъи якум тавсифоти умумии иқлимиро дар бар мегирад, ки барои баҳогузории потенциали назариявии (ё умумии) энергияи бод зарур мебошад [6, с. 256]:

- Тағйирёбии муваққати суръати бод;
- Суръати нисбии бод  $V$ , метр/сония;
- Такрорёбии суръати миёнаи бод  $t(V)$ , %;
- Давомнокии таъминшудаи суръати миёнаи бод  $T(V)$ ;
- Такрорёбии пурқуввати самти бод,  $t(\bar{V})$  %;
- Зариби ислоҳкунӣ, ки дар вақти тағйирёбии бод;
- Давомнокии самти амудии суръати миёнаи бод;
- Суръати максималии бод  $V_r^{max}$ ;
- Тавоноии хос  $N_{xoc}$  ва энергияи хоси бод  $\mathcal{E}_{xoc}$ ;
- Захираи энергияи боди ноҳияи таҳқиқшаванда.

Ба навъи дуҷум тавсифоти хоси иқлимӣ мансуб мебошанд, ки бо ёрии онҳо мо метавонем речаҳои оптималии кори дастгоҳҳои энергетикӣ бодиро (ДЭБ) муайян кунем, инчунин захираҳои техникӣ энергияи бодро баҳогузорӣ намоем.

Ба навъи сеҷум тавсифот техникӣ мансуб мебошанд, ки бо ёрии онҳо мо ме-

тавонем конструкияҳо, мустаҳкамӣ ва устуворӣ ДЭБ ҳисоб намоем.

Ҳамин тавр, бо назардошти таҳилҳои дар боло зикргардида тавсифоти иқлимӣ бодро дида мебароем, ки дар асоси онҳо тавоноии хос ва энергияи сели бод ҳисоб карда мешаванд.

Барои баҳогузориҳои истифодабарии самараноки бод дар ноҳияи баландкуҳи Мурғоб маълумотҳои базавии метеорологиро аз сомонии NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (NASA POWER) [7] истифода мебарем. Барои баҳогузорӣ намудан якҷанд маълумотҳо аз инҷо барои давраҳои аз 2013 то 2023 солҳо мегирем.

Дар чадвали 1 суръати нисбии бод аз рӯи моҳҳо ва солҳо дар давоми 10 соли мушоҳидаҳо дар баландии 10-12 метр (баландии мушоҳидавӣ) оварда шудааст.

Дар чадвали 2 суръати нисбии бод бо моҳҳо ва солҳо дар давоми 10 соли мушоҳидаҳо дар баландии 50 метр оварда шудааст.

Чадвали 1

Моҳ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сол
$\bar{V}, \bar{V}_0$	4,48	5,13	4,91	4,62	4,14	4,14	4,34	4,59	4,86	4,59	4,39	4,64	4,57

Чадвали 1

Моҳ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сол
$\bar{V}, \bar{V}_0$	6,17	6,87	6,53	6,26	5,68	5,67	5,89	6,27	6,70	6,47	6,24	6,51	6,27

Дар чадвалҳои 3 ва 4 маълумотҳои такрорёбии суръати бод дар баландии 50 метр ва қатори мушоҳидаҳои сесоатаи

суръати бод барои ноҳияи баландкуҳи Мурғоб оварда шудааст.

Такрорёбии моҳона ва бисёрсолаи суръати бод дар баландии 50 метр аз сатҳи замин дар ҳудудҳои муқарраршуда (%)

$t(\bar{V})$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сол
0-2	6	7	8	10	10	14	14	12	10	10	7	6	9,5
3-6	44	45	52	55	58	59	57	58	55	53	49	43	52,3
7-10	43	38	32	30	27	22	21	22	28	31	36	41	31,0
11-14	7	10	7	5	5	5	7	8	6	6	8	9	7,0
15-18	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,3
19-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0

Ҳисоби бисёрсолаи миёнаи тавоноии хосро дар баландии  $h = 50$  метр (ДЭБ насби заминӣ ҳозиразамон метавонанд аз ин баланди зиёд бошанд) бо усулҳои гуногун барои ба даст овардани натиҷаҳои нисбатан асоснокшуда ба роҳ мемонем.

Дар вақти ҳисоби тавоноии хос бо усулҳои гуногун иҷозатдиҳиҳо қабул кар-

да мешаванд: зичии ҳаво тағйирёбанда нест ва баробар аст ба  $1,226 \text{ кг/м}^3$ .

1. Ҳисоби аз рӯи қатори мушоҳидаҳо (қатори мушоҳидаҳои се соати) бо суръати  $V$ , бо истифода аз [8, с. 420] ва маълумотҳои дар чадвали:

$$\mathcal{E}_{\text{хос}} = \sum_{i=1}^{8760} N_{\text{хос}i} = \frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^{8760} V_i^3, \quad (1)$$

$$N_{\text{хос}} = \mathcal{E}_{\text{хос}} / (8760 / 3) = \sum_{i=1}^{2920} N_{\text{хос}i} / 2920 = \left( \frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^{2920} V_i^3 \right) / 2920; \quad (2)$$

Суръати миёнамоҳонаи бод дар баландии 50 метр аз сатҳи замин барои соатҳои мувофиқ (метр/сония)

Вақт, (соат: дақиқа)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сол
01:30	7,24	7,39	6,97	6,38	6,45	6,43	6,31	6,22	6,48	6,58	7,09	7,52	6,75
04:30	7,15	7,14	6,16	4,96	4,45	3,98	3,91	4,15	5,14	5,95	6,85	7,48	5,60
07:30	5,49	5,07	4,34	4,63	4,80	4,47	4,40	4,34	4,23	3,96	4,83	5,56	4,67
10:30	4,95	5,27	5,46	5,88	5,68	5,03	4,99	5,25	5,39	5,42	4,75	4,57	5,21
13:30	5,62	5,75	5,81	5,82	5,57	4,87	5,16	5,55	5,58	5,59	5,44	5,43	5,51
16:30	6,82	6,76	6,16	5,91	5,52	5,03	5,67	6,24	6,15	6,21	6,68	6,96	6,17
19:30	7,22	7,27	6,72	6,52	6,17	5,93	6,53	6,77	6,56	6,55	7,13	7,40	6,72
22:30	7,27	7,33	6,88	6,40	6,23	6,05	6,11	6,13	6,21	6,50	7,15	7,46	6,63

$$N_{\text{хос}} = \frac{0,5 \cdot 1,226 \cdot ((7,24^3 + 7,15^3 + 5,49^3 + 4,95^3 + 5,62^3 + 6,82^3 + 7,22^3 + 7,27^3) \cdot 31 + (7,39^3 + \dots + 7,33^3) \cdot 28 + (6,97^3 + \dots + 6,88^3) \cdot 31 + \dots + (6,38^3 + \dots + 6,40^3) \cdot 30 + (7,52^3 + \dots + 7,46^3) \cdot 31)}{2920} = 137 \text{ Вт/м}^2$$

Шумораҳои 31, 28, 31, 30 ва ғ. Шумораи рӯзхоро дар як моҳ нишон медиҳанд.

2. Ҳисоби  $\bar{N}_{\text{хос}}$  рӯи такрорёбии бисёрсолаи  $t(V)$ . Барои ҳар як қиммати  $\bar{V}_j^{sp}$ , м/сония ва  $t(\Delta V_j^{sp})$  воҳ. нисбӣ, ки дар ҷадвали 3 оварда шудааст, ҳисоб карда мешавад энергияи хос  $\mathcal{E}_{\text{хос}}$  бо истифода намудани қиммати миёнаи суръатҳои бод аз диапазонҳои суръатҳо. Ҳисоб менамоем қим-

мати миёнаи диапазонҳои суръатҳо, ки дар ҷадвали 3 оварда шудаанд ва натиҷаи ҳисобҳо дар ҷадвали 5 ворид менамоем.

Ҳисоб дар мисоли суръати миёнаи баробар ба 1,5 м/сония аз диапазони 0-2 м/сония бо такрорёбии 9,5% дар як сол иҷро карда шудааст:

$$\mathcal{E}_{\text{хос}} = \frac{1}{2} \rho T \sum_{j=1}^{N^{sp}} (\bar{V}_j^{sp})^3 t(\Delta V_j^{sp}); \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_{\text{хос}} = (0,5 \cdot 1,226 \cdot 8760 \cdot 1,5^3 \cdot (9,5/100)) / 1000 = 1,72 \text{ (кВт} \cdot \text{соат)/м}^2.$$

$$N_{\text{хос}} = \frac{1}{2} \rho \bar{V}^3; \quad (4)$$

$$N_{\text{хос}} = 0,5 \cdot 1,226 \cdot 1,5^3 = 2,07 \text{ кВт/м}^2.$$

Ҷадвали 5

Натиҷаи ҳисобҳои тавоноии ва энергияи хос

$\bar{V}_j^{sp}$ , м/сония	1,5	4,5	8,5	12,5	16,5	22
$t(\Delta V_j^{sp})$ , %	9,5	52,3	31,0	7,0	0,3	0,0
$\bar{N}_{\text{хос}j}$ , кВт/м <sup>2</sup>	2,07	55,86	376,46	1197,27	2753,67	6527,22
$\mathcal{E}_{\text{хос}j}$ , (кВт·с)/м <sup>2</sup>	1,72	255,92	1022,31	734,16	72,37	0,00

Энергияи хоси солонаи сели бод:

$$\mathcal{E}_{\text{хос}} = 1,72 + 255,92 + 1022,31 + 734,16 + 72,37 = 2086,48 \text{ (кВт} \cdot \text{с)/м}^2.$$

Тавоноии хоси солонаи энергияи бод:

$$\bar{N}_{\text{хос}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{хос}}}{T} = \frac{2086,48}{8760} = 0,238, \text{ (кВт} \cdot \text{с)/м}^2 = 238 \text{ Вт/м}^2.$$

3. Ҳисоби  $\bar{N}_{\text{хос}}$  -ро аз рӯи қиммати миёнабисёрсолаи суръати бод  $\bar{V}_0$  бо истифода аз маълумотҳои дар ҷадвали 2 овардашуда ба роҳ менамоем:

$$\bar{N}_{\text{хос}} = \frac{1}{2} \rho \bar{V}_0^3; \quad (5)$$

$$\bar{N}_{\text{хос}} = \frac{1}{2} \cdot 1,226 \cdot 6,27^3 = 151 \text{ Вт/м}^2.$$

Тавоноии хоси миёнабисёрсолаи сели бод  $\bar{N}_{\text{хос}}$  хизмат мекунад ҳамчун характеристикаи дараҷаи умумии интензивияти бод дар ҷои дидашуда дар баландии  $h=50$  метр, вале онро дар фурсати аввал мумкин аст ҳамчун ояндабинии истифодабарии захираҳои бодӣ муҳокима намуд: агар  $\bar{N}_{\text{хос}} < 100 \text{ Вт/м}^2$  - тавсия дода намешавад,  $\bar{N}_{\text{хос}} > 400 \text{ Вт/м}^2$  шароити хуб аст ва тавсия дода мешавад [9, с.27, 10, с.413].

Бо се усул ҳисоб кардашудаи тавоноии хоси нисбии сели бод  $\bar{N}_{\text{хос}} = 175 \text{ Вт/м}^2$  - ро ташкил медиҳад. Чихеле ки маълум аст аз рӯи критерияи тавоноии хоси сели бод дар ноҳияи баландкуҳи Мурғоби ҶТ ҳолати мавқеи миёнаро байни шароитҳои хуб ишғол мекунад ва барои истифодабарии минбаъда иҷозат дода намешавад.

Мутобиқан барои қаноаткунонии ин критерия бояд баҳодиҳии техникӣ-иктисодии изофавии истифодабарии захираҳои бодӣ дар ноҳияи мазкур гузаронида шавад, вале ин гуна ҳисобҳоро дар ин мақола дида намебароем ва пешниҳод менамоем дида баромадани критерияҳои дигарро, ки мувофиқи онҳо истифода бурдани энергетикаи бодӣ дар ноҳияи таҳқиқшаванда мақсаднок аст.

Критерияи минбаъда барои баҳогузори мақсадноки истифодаи захираҳои бодӣ дида мебароем суръати боди миёнабисёрсоларо  $\bar{V}_0$ ,  $i\bar{V}_0$  характеристикаи асосии ибтидоии интензивияти бод дар ҷои ноҳияи мазкур асосӣ ба шумор меравад. Дар марҳилаи аввали рушди энергетикаи бодӣ барои ДЭБ системавӣ истифода бурда мешуданд қиммати тахминии миёнабисёрсолаи суръати бод дар нуктаи географии дида баромадашаванда ( $\varphi_A^0, \psi_A^0$ ) дар баландии флюгери ДЭБ ( $h=10$  м):  $\bar{V}_0 > 5 \text{ м/сония}$  - шароити хуб барои истифодабарии энергияи бод;  $\bar{V}_0 < 4 \text{ м/сония}$  - истифодабарии энергияи бод тавсия дода намешавад;  $4 < \bar{V}_0 < 5 \text{ м/сония}$  - асосноккунии иқтисодӣ барои истифодабарии энергияи бод талаб карда мешавад [11, с.344].

Мувофиқи маълумотҳои дар чадвали 1 овардашуда, суръати боди миёнабисёрсола дар баландии флюгер ( $h=10$  м) 4, 57 м / сонияро ташкил медиҳад ва аз рӯи критерияҳои дар боло овардашуда инчунин талаб карда мешавад асосноккунии иқтисодӣ. Бо мутобиқат ба онҳо, ки ДЭБ ҳозиразамон метавонанд баландиашон то 130 м расанд, ба сифати суръати миёнабисёрсолаи бод суръати боди дар баландии 50 метрро мегирем ва ин критерияро қабул мекунем. Чихеле ки аз чадвали 2 аён аст, суръати бод дар баландии 50 метр алақай 6, 27 метрро ташкил медиҳад, ки калонтар аз критерияи овардашуда мебошад. Бо мувофиқа аз критерияи охири дар ноҳияи Мурғоб истифодабарии захираҳои бодӣ ҳамчун манбаи энергияи электрикӣ мувофиқи мақсад аст.

Хулоса. Бинобар шароити нодири табию иқлимӣ дар минтақаи ноҳияи баландкуҳи Мурғоби Ҷумҳурии Тоҷикистон барои истифода бурдани манбаҳои барқароршавандаи энергия имкониятҳои калон мавҷуданд. Барои арзёбии имконпазирӣ ва самаранокии истифодаи энергияи бод дар ин минтақа усулҳои муносири арзёбии тавоноии истифодашавандаи захираҳои энергетикӣ мутобиқ карда шуданд. Барои ин минтақа таҳлили иловагии муфассалтари параметрҳои бод дар баландҳои гуногун гузаронида шуд. Тавсифоти энергетикӣ дастгоҳҳои бодӣ, аз он ҷумла барои суръатҳои гуногуни бод дар асоси параметрҳои бод, ба монанди: тавоноии сели бод, миқдори градацияҳои такрорёбии суръати бод, суръати нисбии  $j$  - градацияҳо ва такрорёбии диапазони суръати бод ҳисоб карда шудаанд. Муайян карда шуд, ки дар системаи таъмини барқи ноҳияи баландкуҳи Мурғоб истифода намудани дастгоҳҳои энергетикӣ бодии алоҳида бо тавоноии то 20 кВт ё инки якҷанд дастгоҳ бо тарзи парки бодӣ (ветропарк) бо баландии манораи (башни) 50 м муфид мебошад.

**Адабиётҳо**

1. Закон Республики Таджикистан «Об энергосбережении и энергоэффективности» 2013 г. – №1018. – 9 с.
2. Закон Республики Таджикистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» 2010 г. – №1. – 11 с.
3. Сангов Х.С., Цырук С.А., Михеев Д.В., Шарафеддин К.Ф. Экономическая эффективность использования ветроэнергетической установки для электроснабжения отдаленных сельских потребителей Республики Таджикистан // В сборнике: Фёдоровские чтения - 2019. Под общей редакцией Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. 2019. С. 330-344.
4. Сангов Х.С. Применение солнечных фотоэлектрических установок в системах электроснабжения сельских потребителей (На примере удаленных регионов Республики Таджикистан) / Х. С. Сангов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 4(52). – С. 30-38.
5. РД 52.04.275-89. Методические указания проведения изыскательных работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для схем обоснования, схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1990. 70 с.
6. Васьков А. Г, Дерюгина Г, В., Малинин Н. К. Ветроэнергетика: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2016. 384 с.
7. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. [Манбаи электронӣ]. URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
8. Эльбазуров А.Р., Титова Г.Р. Критерии оценки использования ветроэнергетики в системе электроснабжения в селе Каргалинская Чеченской Республики // Федоровские чтения – 2020: L Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы (Москва, 17–20 ноября 2020 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2020. С. 419-425.
9. Ахмедов Х.М., Каримов Х.С., Кабутов К. Возобновляемые источники энергии в Таджикистане: состояние и перспективы развития // Физико-Технический институт им. С.У. Умарова Академии наук Республики Таджикистан. Душанбе, 2010. – 30 с.
10. Сангов Х.С., Исмоилов Ф.О. Обеспечение электроэнергией труднодоступных, малонаселенных и удаленных регионов Республики Таджикистан // В сборнике: L Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы (Москва, 17-20 ноября 2020 г.) / под общ. ред. Ю.В. Матюниной. – М.: Издательский дом МЭИ, 2020. С. 403-413.
11. Сангов Х.С., Цырук С.А., Михеев Д.В., Шарафеддин К.Ф. Экономическая эффективность использования ветроэнергетической установки для электроснабжения отдаленных сельских потребителей Республики Таджикистан // В сборнике: Фёдоровские чтения - 2019. Под общей редакцией Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. 2019. С. 330-344.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В МУРГАБСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

*Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О.,  
Гулмуродзода С.Г., Джамолзода Б.С.*

---

***Аннотация.** В статье на основе предложенных критериев использования возобновляемых источников энергии определяются потенциальные возможности использования ветроэнергетических ресурсов в удалённых районах Республики Таджикистан, среди которых высокий приоритет отдается Мургабскому высокогорному району. Для этого региона был проведен дополнительный, более подробный анализ параметров ветра (коэффициент изменения скорости ветра и удельная мощность ветрового потока) на разных высотах метеонаблюдений.*

***Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, средняя скорость ветра, ветроэнергетическая установка, система электроснабжения.*

## CRITERIA FOR EVALUATING THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE ELECTRIC SUPPLY SYSTEM IN THE MURGAB DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

*Saidzoda Kh.S., F.O. Ismoilov F.O.,  
Gulmurodzoda S.G., Jamolzoda B.S.*

---

***Annotation.** The article based on the proposed criteria for the use of renewable energy sources, the potential opportunities for the use of wind energy resources in remote areas of the Republic of Tajikistan are determined, among which high priority is given to the Murgob high mountain region. For this region, an additional, more detailed analysis of wind parameters (the coefficient of change in wind speed and the specific power of the wind flow) was carried out at different heights of meteorological observations.*

***Keywords:** renewable energy sources, average wind speed, wind power plant, power supply system.*

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Саидзода Хушдил Саид – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, муаллими калони кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Чамолзода Бехрузи Саъдонхуча – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Сведения об авторах:** Саидзода Хушдил Саид – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, старший преподаватель кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Джамолзода Бехрузи Саъдонхуча – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Information about authors:** Saidzoda Khushdil Said – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Ismoilov Firdavs Olimshoevich – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Gulmurodzoda Sayyod Gulmurod – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, senior lecturer of the Department of Electrical Supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Jamolzoda Bekhruzi Sadonkhujja – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

УДК 620.92

## ИСТИФОДАБАРИИ КОМПЛЕКСҶОИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИИ ГИБРИДӢ БАРОИ ТАЪМИНИ БАРҚИ ИНФРАСОХТОРИ БАЛАНДКУҶИ ШАРҚИИ МУРҶОБ

*Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Чамолзода Б.С.  
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ*

***Аннотатсия.** Дар мақола принсипи электротаяминкуни баландкуҷи шарқии Мурғоб бо истифода аз дастгоҳҳои тавлидкунандае, ки дар асоси манбаъҳои алтернативии барқароршавандаи энергия кор мекунанд, муайян карда шудааст. Бори электрикӣ бо назардошти усули интиҳобшудаи ҳисоб бо мувофиқа аз графикаи шабонарӯзии бори электрикӣ истеъмолкунандагон ҳисоб карда шудааст. Дар асоси ин маълумотҳо барои речаи баландтарини пурбории масрафи солонаи энергияи электрикӣ муайян карда шудааст. Тавсифоти энергетикӣ, ки аз ҳисоби дастгоҳҳои энергетикӣ бодӣ ва офтобии фотоэлектрикӣ тавлид мешаванд, ҳисоб карда шудаанд.*

***Калидвожаҳо:** манбаъҳои барқароршавандаи энергия, нерӯгоҳи бодӣ, нерӯгоҳи офтобӣ, комплекси электротехникӣ.*

**Муқаддима.** Дар соли 2023 Ҷумҳурии Тоҷикистон (ҶТ) 32-юмин солгарди рушди соҳибистиклолии худро таҷлил намуд. Дар ин солҳо дар кишвар 287 нерӯгоҳҳои барқи обии хурду бузург, 1 нерӯгоҳи барқи гармидиҳӣ, 1,5 ҳазор километр хатҳои баландшиддати барқ, 50 зернерӯгоҳҳои табдилдиҳандаи трансформаторӣ ва дар маҷмӯъ 75 фоизи инфрасохтори системаи энергетикӣ кишвар таъмир карда шуд. Аммо масъалаи бо нерӯи боэътимод ва босифат таъмин намудани як қатор минтақаҳо, аз ҷумла ноҳияҳои кӯхӣ, аз ҷиҳати иҷтимоӣ, техникӣ ва иқтисодӣ то ҳол ҳалталаб боқӣ мемонанд.

Дар айни замон масъалаи мубрам дар ҶТ ин таъмини минтақаҳои алоҳидаи кишвар бо нерӯи барқ аст. Ба ин минтақаҳо асосан ноҳияҳои шимолӣ ва аксарияти ноҳияҳои шарқии кишвар дохил ме-

шаванд. Ба системам ягонаи энергетикӣ пайваस्त намудани ин гуна минтақаҳо на ҳамавақт бо назардошти сифат ва эътимоднокии таъминоти барқ мувофиқи мақсад буда метавонад. Дар байни онҳо ноҳияи дурдасти баландкуҷи Мурғоби Вилояти Мухтори Қухистони Бадахшон (ВМКБ)-ро махсус қайд намудан лозим аст.

Дар як қатор барномаҳои давлатии рушди энергетика дар ҶТ барои истифода ва чори намудани манбаъҳои ғайрианъанавӣ ва барқароршавандаи энергия диққати махсус дода шудааст [1, с. 1; 2, с.3]. Корҳои илмие, ки аз тарафи як қатор олимони ватанӣ ба ҷоп расонида шудаанд, нишон медиҳанд, ки дар ноҳияи баландкуҷи Мурғоб истифодаи нерӯи офтоб аз нуқтаи назари иқтисодӣ ва техникӣ самарабахш мебошад [3, с.38]. Аз ин рӯ, мо

дар ин мақола вариантҳои системаи таъмини барқи истеъмолкунандагони ноҳияи Мурғобро бо истифода аз дастгоҳҳои, ки дар асоси манбаъҳои барқароршавандаи энергия кор мекунанд, дида мебароем.

**Мақсади кори пешниҳодшуда** – бунёди принсипи таъмини барқи истеъмолкунандагони ноҳияи баландкуҳи шарқии Мурғоб бо истифодаи комплексҳои автономии электротехникӣ, ки дар асоси манбаъҳои барқароршавандаи энергия кор мекунанд.

**Таҳлил ва арзёбии хусусиятҳои истеъмолкунандагон.** Дар зери мафҳуми системаи таъмини барқ фаҳмида мешавад маҷмӯи манбаъҳои энергияи электрикӣ ва системаҳои табдилдиҳанда, интиқол ва тақсимот ба истеъмолкунандагон. Дар айни замон се принсипи таъмини барқи истеъмолкунандагон истифода бурда мешавад [4, с.68]:

1. ғайримутамарказ, вақте ки таъмини қувваи барқ аз манбаъҳои худӣ амалӣ

карда мешавад, ки бо системаи ягонаи энергетикӣ алоқамандӣ надошта бошад;

2. мутамарказ, вақте ки дар он қувваи барқ аз системаи ягонаи энергетикӣ таъмин карда мешавад;

3. генератсияи тақсимшуда, ки дар баробари таъминоти мутамаркази барқ дастгоҳҳои истеҳсолкунандаи истеъмолкунандагон истифода мешаванд.

Тавоноии комплексӣ электротехникӣ шаҳраки истиқоматии Мурғобро мувофиқи «СП-256.1325800.2016 – Маҷмӯи Қоидаҳо. Васли электрикии биноҳои истиқоматӣ ва чамбиятӣ. Қоидаҳои лоиҳакашӣ ва васлкунӣ (Свод правил. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа)» [5, с.2] ва лоиҳаҳои намунавии биноҳои масоҳаташон то 150 м<sup>2</sup> бо тавоноии муқарраргардидаи 15 киловатт (кВт) муайян менамоем. Тавоноии ҳисобии шаҳраки истиқоматиро бо формулаи зерин муайян менамоем:

$$P_{\text{хисоб.истик.}} = N_{\text{бино}} \cdot P_{\text{бинон.хархела}} \cdot K_{\text{талаб.}} \cdot K_0 = 30 \cdot 15 \cdot 0,75 \cdot 0,22 = 74,3 \text{ кВт} \quad (1)$$

Зарибҳои ҳисобӣ аз адабиёти [5, с.2] гирифта шудаанд.

Тавоноии ҳисобии биноҳои тичоратӣ масоҳаташон 100 м<sup>2</sup> ва бори умумиро бо формулаи зерин муайян менамоем:

$$P_{\text{хисоб.бин.тич.}} = N \cdot P_{\text{ном.бин.тич.}} \cdot K_0 = 8 \cdot 15 \cdot 0,38 = 45,6 \text{ кВт} \quad (2)$$

$$P_{\text{хисоби}} = P_{\text{хисоб.истик.}} + P_{\text{хисоб.бин.тич.}} = 74,3 + 45,6 = 119,9 \text{ кВт} \quad (3)$$

Тавоноии ҳисобии равшандиҳии беруна (кӯчаҳо) мувофиқи нақшаи генералии шаҳрак тақрибан 15 кВт – ро ташкил медиҳад, бори берунӣ (хархела) 21,6 кВт, пас

$$P_{\text{хисоб.КЭ}} = 119,9 + 15 + 21,6 = 156,5 \text{ кВт} \quad (4)$$

Истеъмоли солонаи энергеияи электрикии КЭ - ро аз рӯи миқдори соатҳои

тавоноии ҳисобии пурраи комплексҳои электротехникӣ (КЭ) бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

максималии истифодашаванда бо истифода аз [6, 330] муайян мекунем:

$$W_{\text{сол}} = P_{\text{хисоб.КЭ}} T_{\text{макс}} = 156,6 \cdot 3200 = 500800 \text{ кВт} \cdot \text{с} \quad (5)$$

Баъди муайян намудани тавоноии комплекси электротехникӣ, мо метавонем ба муайян кардани тавоноии дастгоҳҳои

энергетикӣ, аз он ҷумла, дастгоҳи энергетикӣ бодӣ (ДЭБ) ва дастгоҳи офтобии фотоэлектрикӣ (ДОФ) гузарем.

Барои тартиб додани алгоритми интихоби дастгоҳҳои энергетикӣ ва гузаронидани таҳлили муқоисавӣ ҳамчун манбаъи энергияи электрикӣ, дастгоҳҳои бодиро аз рӯи адад ва параметрҳои гуногун дида мебароем.

Дастгоҳҳои бодӣ аз рӯи се қимати асосии суръати шамол тавсиф карда мешаванд [7]:

$V_{\text{хисоб}}^{\text{мин}}$  - суръати бодӣ (шамолӣ) минималӣ (аз 3 то 4,5 метр/сония (м/с)), ки боиси ба гардиш даромадани чарҳаи бодӣ (ветроколесо) ва ба қор даромадани худӣ ДЭБ мегардад;

$V_{\text{хисоб}}^{\text{N}}$  - суръати ҳисобӣ (номиналӣ) бод (аз 10 то 13 м/с), яъне суръати минималии бод, ки дар он ДЭБ бо тавоноии номиналӣ қор мекунад;

$V_{\text{хисоб}}^{\text{макс}}$  - суръати максималии бод (20 ÷ 25 м/с), пас аз расидан ба он бо мақсади таъмин намудани беҳатарӣ қори ДЭБ қатъ карда мешавад.

Тавоноии аз ҷониби ДЭБ тавлидшуда бо ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$P_{\text{ДЭБ}}(V) = P_{\text{ЧБ}}(V)\eta_{\text{аэр}}\eta_{\text{мех}}\eta_{\text{эл}} \quad (6)$$

где  $P_{\text{ЧБ}}(V)$  - тавоноии сели бод, ки ба чарҳаи ДЭБ мутобиқ мебошад:

$$P_{\text{ЧБ}}(V) = 0,5\rho V(t)^3 F_{\text{ЧБ}} \quad (7)$$

дар инҷо  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) – зичии ҳаво, ( $\rho_0$  кг/м<sup>3</sup> дар шароитҳои нормалӣ:  $T=15^\circ\text{C}$ );  $V(t)^3$  (м/с) - суръати сели бод дар баландии манораи ДЭБ дар моменти вақти  $t$ ;  $F_{\text{БК}}$  (м<sup>2</sup>) – буриши кундалагии сели ҳаво, ки ба чарҳаи бодӣ бар меҳурад (майдони ихотакардашудаи чарҳаи бодӣ), вобастагӣ дорад аз профили чарҳаи бодӣ, масалан, барои ДЭБ-и уфуқӣ-мехварӣ бо диаметри чарҳаи бодӣ  $D_{\text{чб}}$ :

$$F_{\text{ЧБ}} = 0,25\pi D_{\text{ЧБ}}^2 \quad (8)$$

дар инҷо  $\eta_{\text{аэр}}\eta_{\text{мех}}\eta_{\text{эл}}$  - коэффисиенти қори фойданоки (ККФ) механизмҳои алоҳидаи ДЭБ (аэродинамикӣ, механикӣ ва мутобиқан электрикӣ):

$$\eta_{\text{аэр}}\eta_{\text{мех}}\eta_{\text{эл}} = C_p \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5 \eta_6 \eta_7 \quad (9)$$

дар ин ҷо  $C_p$  - коэффисиенти самаранокии истифодабарии сели бодӣ ё инки коэффисиенти тавоноии ротори чарҳаи

бодӣ;  $\eta_2$  - ККФ-и подшипникҳои чарҳаи бодӣ;  $\eta_3$  – ККФ-и редуктор;  $\eta_4$  - ККФ-и генератора;  $\eta_5$  - ККФ-и табдилдиҳандаи басомад;  $\eta_6$  - ККФ-и чубронкунандаи тавоноии реактивӣ ва росткунандаи гармоникаи чараён;  $\eta_7$  - ККФ-и трансформатори қуввагӣ.

Қиммати максималии коэффисиенти тавоноии ротор, ки доимии Н.Е. Жуковский ё инки А. Бетц номида мешавад ва баробар ба 0,593 қабул шудааст. Барои ДЭБ-и ҳақиқӣ ба даст овардани ин қимат амалан ғайри имкон аст, ва он одатан дар ҳудуди 0,4 ÷ 0,45 барои турбинаҳои бодӣ самарабахш аст [7, с.1].

Формулаҳои (7) ва (8) – ро ба (9) гузошта, формула барои ҳисоби тавоноии аз ДЭБ истехсолшавандаро ба даст меорем:

$$P_{\text{ДЭБ}}(V) = 0,125\rho V(t)^3 \pi D_{\text{ЧБ}}^2 \eta_{\text{аэр}}\eta_{\text{мех}}\eta_{\text{эл}} \quad (10)$$

Ҳисоби энергияи электрикӣ, истехсолшаванда аз ДЭБ аз рӯи такрорёбии суръати бод дар вақти  $T$  чунин аст:

$$E_{\text{ДЭБ}}(T) = \sum_{j=1}^{P^{\text{ТР}}} [P_{\text{ДЭБ}}(V^{-h_j})t(\Delta V_j^{\text{ТР}})]T$$

дар инҷо  $P^{\text{ТР}}$  - миқдори градатсияҳои (диапазонҳо) такрорёбии суръати бод; - вақти мушоҳидавӣ, соат;  $V^{-h_j}$  - суръати нисбии  $j$ -ҳо градатсияҳо (фосилаҳо), м/с, ҳисобкардашуда бо назардошти баландии манораи (башни) ДЭБ;  $t(\Delta V_j^{\text{ТР}})$  - такрорёбии суръати бод диапазонҳо, ки бо вохид.

ККФ-и ДЭБ аз рӯи алоқамандии тавоноии фойданоқ, истехсолшаванда аз ДЭБ, бар тавоноии сели бод  $\Delta V$  бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\eta = P_{\text{ДЭБ}}(V)/P_{\text{ЧБ}}(V) \quad (12)$$

Ҳамин тавр, интихоби ДЭБ-ро ба роҳ мемонем дар асоси қатори моделҳои ширкати бонуфузи истехсолкунандаи Wind World (Дания), ки характеристикаи техникӣ он бо тавоноии 150 кВт дар Падвали 1 оварда дода шудаанд [8, с.1]:

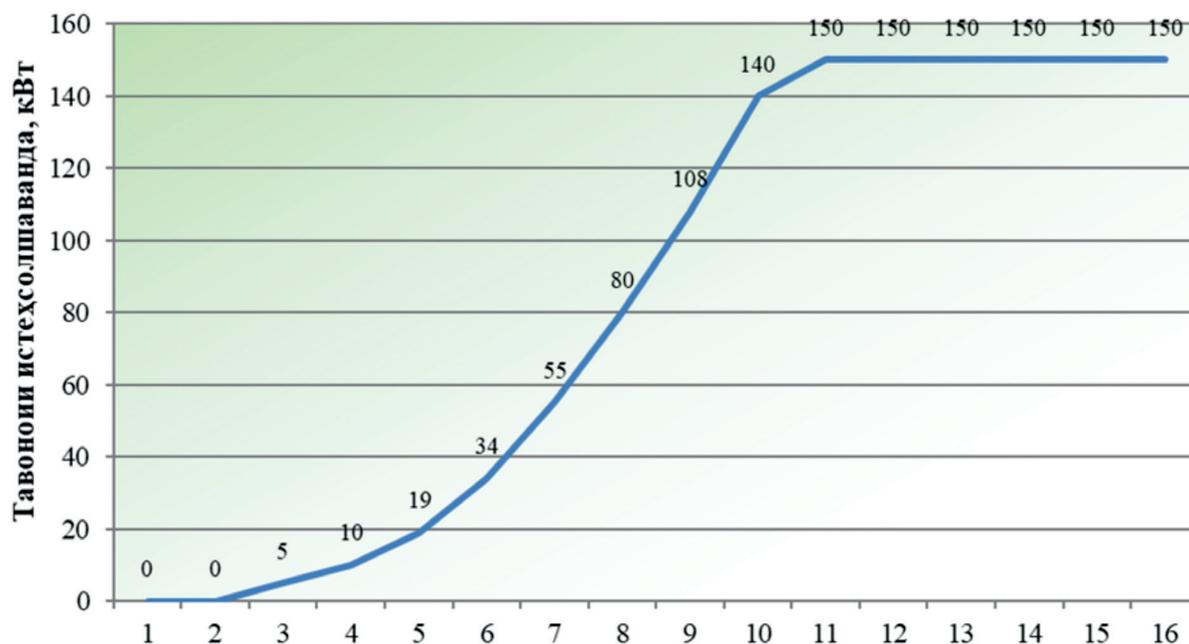
Тавсифоти техникии ДЭБ-ии интихобшуда [8]:

	Намуди ДЭБ	Wind World W2700
1	Давлати истеҳсолкунанда	Дания
	Тавоноии номиналӣ, кВт	150
2	Суръати номиналии бод, м/с	11
3	Суръати бакорандозӣ, м/с	3,0
4	Суръати хомушкунӣ, м/с	25
5	Диаметри ротор, м	27
6	Шумораи чархаҳо (лопастей)	3
7	Намуди генератор	Асинхронӣ
8	Напряжение, В	400
9	Намуди пайвасти бо шабака	Тиристорӣ
10	Системаи танзими тавоноӣ	Stall
11	Танзими шумораи даврзанӣ	Дузинагӣ
12	Баландии манора(башни), м	41

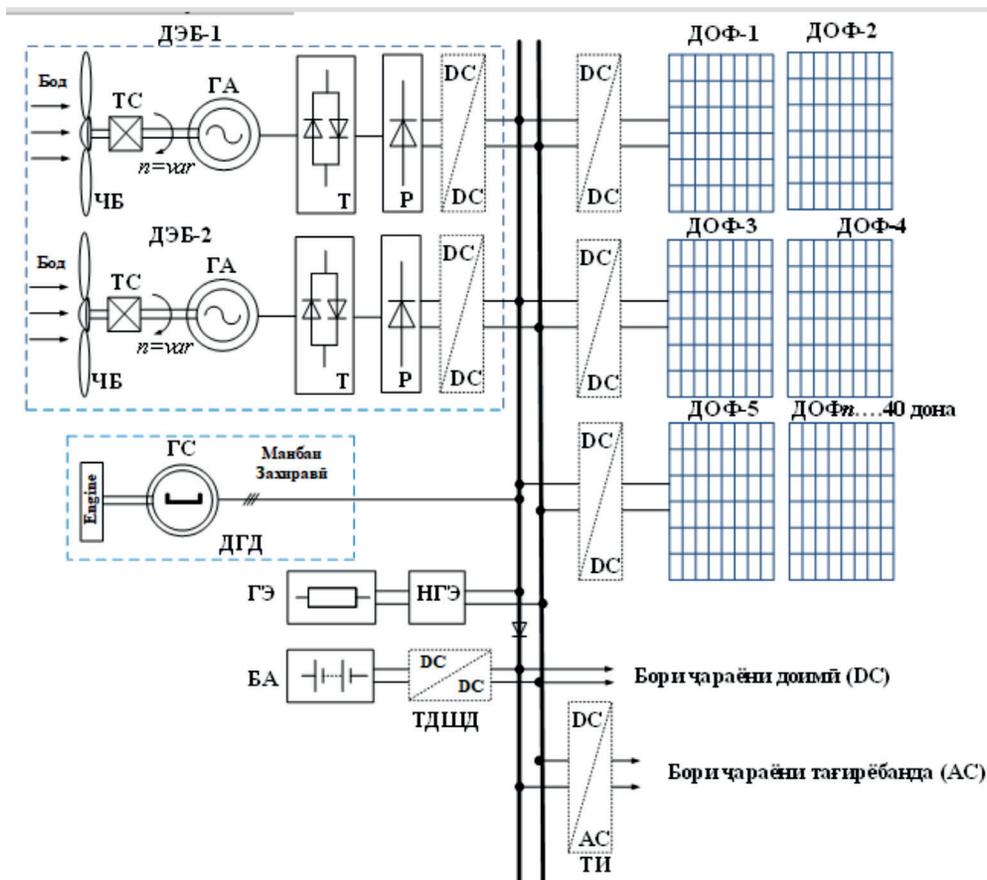
Нақшаи асосии пайвасти электрикии комплекси электротехникӣ дар асоси ДЭБ ва ДОФ дар расми 1 оварда шудааст.

Натиҷаи ҳисоби энергеияи электрикӣ истеҳсолшаванда аз ДЭБ намуди Wind World W2700 - 150 кВт дар чадвали 2 оварда шудааст.

Дар расми 2 графики вобастагии динамикии тавоноии истеҳсолшавандаи генератори бодии Wind World W2700 аз суръати бод нишон дода шудааст.



Расми. 2. Графики вобастагии тавоноии истеҳсолшаванда аз суръати бод барои генератори бодии намуди Wind World W2700, бо тавоноии 150 кВт.



Расми 1. Схемати асосии пайвасти электрикии КЭ дар асоси ДЭБ ва ДОФ:  
 ЧБ – ҷарҳаи бодӣ; ГС – генератори синхронӣ; ДДГ – дастгоҳи генераторӣ-дизелӣ;  
 ГА – генератори асинхронӣ; ТС – танзимқунандаи суръати гардиши ротори ГА;  
 Т – дастгоҳи бакаорандозии нарм (тиристорӣ); Р – ростқунандаи ҷараёни (шиддати) доимӣ; DC/DC – табдилдиҳандаи ҷараёни доимӣ; ТИ – табдилдиҳандаи инверторӣ;  
 ГЭ – гармуқунаки электрикӣ; КГЭ – контроллери (назоратқунанда) ГЭ; КДШД – контроллери дутарафаи шиддати доимӣ;  
 ТИ – табдилдиҳандаи инверторӣ.

Ҷадвали 2

Натиҷаи ҳисоби истехсоли энергияи электрикӣ ДЭБ  
 намуди Wind World W2700, бо тавоноии 150 кВт

Дарачаи суръати бод, м/сония	Суръати нисбии бод, м/сония	Эҳтимолияти суръати бод, %	Микдори соати кори дар як сол, соат	Тавоноии ДЭБ, кВт	Истехсоли энергияи электрикӣ, кВт·соат
0 – 2	1,0	9,5	832,2	0,0	0
3 – 6	4,5	52,2	4577,1	10,0	45771
7 – 10	8,5	31,0	2715,6	85,0	230826
11 – 14	12,5	7,0	613,2	160,0	98112
15 – 18	16,5	0,25	21,9	150,0	3285
19 – 25	22,0	0,0	0,0	140,0	0
Ҳамагӣ		100,0			377 994,0

Хамин тавр, натиҷаи ҳисобҳои дар ҷадвали 2 овардашуда нишон медиҳанд, ки истеҳсоли таҳминии солонаи энергияи электрикӣ тавассути ДЭБ тавоноиаҷ 150 кВт, 377 994 кВт·с ташкил медиҳад. Ин нишондод аз масрафи солонаи истеъмолкунандагон 500 800 кВт·с камтар аст. Аз хамин лиҳоз, барои бо миқдори зарурии энергияи электрикӣ таъмин намудани гуруҳи истеъмолкунандагони дар назар дошташуда зарур аст, гузоштани ду ДЭБ тавоноии ҳаркадомаш 150 кВт. Он гоҳ истеҳсоли умумии солонаи онҳо 755 ҳазору 988 кВт·с ташкил медиҳад, ки ин аз миқдори зарурии сарфи энергияи электрикӣ 33 % зиёд аст.

Аз сабаби мавҷуд будани истеъмолкунандагони категорияи II аз рӯи эътимоднокии таъминоти барқ дар баландкуҳи Мурғоб, мутобиқи дастури ПУЭ 1.2.20 [9] истеъмолкунандагони категорияи дуюм дар речаи муқаррарӣ бояд аз ду манбаи новобаста ба ҳамдигар алоқамандии захиравӣ дошта, таъмин карда шаванд. Дар робита ба ин, ҳамчун манбаи дуҷоми таъминоти барқ, вобаста ба варианти схема, истифода менамоем ду ДЭБ дорои тавсифоти техникӣ якхела ё ДОФ, ки тавсифоти техникӣ онҳо низ дар поён оварда шудаанд.

Азбаски самаранокии кори ДЭБ ва ДОФ мустақиман ба хусусиятҳои иқлимӣ бод ва офтоб вобаста аст, зарур аст, ки дар таркиби комплекси электротехникӣ манбаи сеюми энергияи электрикӣ – генератори дизелиро (ДГ) ба назар гирем (нигаред ба расми 1). Чунин конфигуратсия истеъмолкунандагонро дар ҳолати сар задани ҳодисаҳои нохӯши шароити обу ҳаво барои ДЭБ ва ДОФ бо энергияи электрикӣ таъмин карда метавонад.

Усули ҳисобкунии тавоноии энергетикӣ барои ГД бо назардошти зиёд шудани ҳаҷми кори пешниҳодгардида дар мақолаҳои илмӣ баъдӣ пешниҳод мегардад.

Дар мавриди энергияи электрикӣ, ки аз дастгоҳҳои офтоби фотоэлектрикӣ тавлид мешавад, он бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$N_{\text{доф}} = R_{\text{ро}} \eta_{\text{доф}} S_{\text{доф}} k_{\text{фурӯ}} k_{\text{нр}} n \quad (13)$$

дар инҷо  $R_{\text{ро}}$  – тавоноии радиатсия офтобӣ, афтанда ба сатҳи ҳамвори панели офтобӣ, Вт/м<sup>2</sup>;  $\eta_{\text{доф}}$  – коэффитсиенти кори фойданок;  $S_{\text{доф}}$  – майдони умумии сатҳи қабули панели офтобӣ, м<sup>2</sup>;  $k_{\text{фурӯбарӣ}}$  – коэффитсиенти фурубарии қабати ҳимоявии сатҳи қабули панели офтобӣ;  $k_{\text{пуркунии}}$  – коэффитсиенти пуркунии панели офтобӣ, одатан барои панелҳои офтобии росткунҷа 0,98 - 0,99 ва барои панелҳои офтобии мудаввар камтар аз 0,9 гирифта мешавад; – миқдори панелҳои офтобӣ.

Истеҳсоли солонаи тавоноии электрикӣ аз системаҳои офтобии фотоэлектрикӣ:

$$P_{\text{доф}} = \sum_{i=1}^{12} R_{\text{ро}} \eta_{\text{доф}} S_{\text{доф}} k_{\text{фурӯ}} k_{\text{нр}} n T_{\text{мо}} \quad (14)$$

дар инҷо – тавоноии радиатсияи офтобӣ  $i$ - моҳ, ки ба сатҳи ҳамвори қабули панели офтобӣ меафтад; – миқдори рӯзҳои офтобӣ дар  $i$ - моҳи дида баромада шаванда.

Бо назардошти суръати баланди тараққиёти илмӣ-техникӣ коэффитсиенти кори фойданоки панелҳои офтобӣ низ меафзод. Дар айни замон панелҳои зерини офтобӣ васеъ истифода мешаванд:

- панелҳои офтобии якқабати кремнийгии поликристаллӣ бо ККФ 10 - 20%;
- монокристаллӣ: дуқабата бо ККФ 30%, сеқабата – 35 - 40%;
- аморфӣ бо ККФ то 10%;
- панелҳои офтобии якқабати аз арсениди галлий бо ККФ 30 - 40%.

Ба сифати панелҳои офтобӣ интиҳоб менамоем модулиҳои поликристаллӣ аз ширкати бонифузи EnergyWind W Solar Panel, тавоноиаҷ 250 Вт [10] бо миқдори 40 дона, тавоноии умумии ДОФ 10 кВт.

Хулоса. Дар таҳқиқоти мазкур коркарди конфигуратсияи нави комплекси автономии электротехникӣ дар асоси дастгоҳҳои истеҳсоли энергияи электрикӣ, аз

он чумла ДЭБ, ДОФ ва ГЭ, ки дар асоси манбаъҳои барқароршавандаи энергия кор мекунад, пешниҳод гардидааст. Хусусиятҳои энергетикӣ ДЭБ ва ДОФ, аз он чумла барои суръатҳои гуногуни бод дар асоси парметрҳои бод, ба монанди: тавоноии сели бод, миқдори градатсияҳои такрорёбии суръати бод, суръати нисбии j - градатсияҳо (фосила) ва такрорёбии диапазони суръати бод ҳисоб карда шудаанд. Инчунин усули ҳисобкунии тавоноии энергетикӣ барои дастгоҳҳои офтобии фотоэлектрикӣ низ пешниҳод шудааст.

#### Адабиётҳо

1. Закон Республики Таджикистан «Об энергосбережении и энергоэф-фективности» 2013 г. – №1018. – 9 с.
2. Закон Республики Таджикистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» 2010 г. – №1. – 11 с.
3. Сангов Х.С. Применение солнечных фотоэлектрических установок в системах электроснабжения сельских потребителей (На примере удаленных регионов Республики Таджикистан) / Х. С. Сангов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 4(52). – С. 30-38.
4. Крюков А.В. Источники и потребители электроэнергетики. Иркутск: 2014. 116 с.
5. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. АО «ЦНИИПромзданий», 2017. 92 с.
6. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства. М: Колос, 2000. 536 с.
7. ВЭУ в г. Лабытнанги // ПАО «Передвижная энергетика» URL: <http://передвижная-энергетика.рф/projects/veu-v-g-labytnangi/> (дата обращения: 10.02.2024).
8. Дорофеев В.В. «Умные» сети в электроэнергетике // Energyland.info URL: <http://www.energyland.info/analitic-show-45305> (дата обращения: 12.02.2024).
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) // КонсультантПлюс URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_91542/766996efc92710496eef2d642f6e40df3bec3dcf/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91542/766996efc92710496eef2d642f6e40df3bec3dcf/) (дата обращения: 10.02.2024).
10. Wind Energy Data // The International Renewable Energy Agency (IRE-NA) URL: <https://www.irena.org/wind> (дата обращения: 12.01.2024).

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОСТОЧНОГО ВЫСОКОГОРНОГО МУРГАБА

*Саидзода Х.С., Ф.О. Исмоилов Ф.О.,  
Гулмуродзода С.Г., Джамолзода Б.С.*

**Аннотация.** В статье определен принцип электроснабжения восточного высокогорного Мургаба с использованием генерирующих устройств, работающих на основе альтернативных возобновляемых источников энергии. Электрическая нагрузка рассчитывается по выбранному методу расчета в соответствии с суточным графиком электрической нагрузки потребителей. На основании этих данных определено годовое потребление электрической энергии для режима наибольшей нагрузки. Рассчитаны энергетические характеристики, генерируемые ветровыми и солнечными фотоэлектрическими энергетическими устройствами.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, ветроэнергетическая установка, солнечная фотоэлектрическая установка, электротехнический комплекс.

## APPLICATION OF HYBRID ELECTRICAL COMPLEXES FOR POWER SUPPLY INFRASTRUCTURE OF THE EASTERN HIGH MOUNTAIN MURGAB

*Saidzoda Kh.S., F.O. Ismoilov F.O.,  
Gulmurodzoda S.G., Jamolzoda B.S.*

***Annotation.** The article principle of electricity supply of the eastern highlands of Murgob using generating devices that work on the basis of alternative renewable energy sources is determined. The electric load is calculated according to the selected method of calculation in accordance with the daily schedule of electric load of consumers. On the basis of these data, the annual consumption of electric energy is determined for the highest load mode. Energy characteristics generated by wind and solar photovoltaic energy devices are calculated.*

***Keywords:** renewable energy sources, wind power plant, solar photovoltaic plant, electrical complex.*

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Саидзода Хушдил Саид – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, муаллими калона кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Ҷамолзода Бехрузи Саъдонхуча – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Сведения об авторах:** Саидзода Хушдил Саид – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, старший преподаватель кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Джамолзода Бехрузи Саъдонхужа – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Information about authors:** Saidzoda Khushdil Said – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Ismoilov Firdavs Olimshoevich – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Gulmurodzoda Sayyod Gulmurod – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, senior lecturer of the Department of Electrical Supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Jamolzoda Bekhruzi Sadonkhujja – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

## ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТАДЖИКИСТАНЕ

*Рахмонов Ш.С., Гулахмадов А.А., Хасанов Б.М., Курбонализода С.Ш.*

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ*

**Аннотация.** В статье дана оценка использования солнечных коллекторов для системы отопления и горячего водоснабжения в условиях Республики Таджикистан. Расчет энергоэффективности солнечных коллекторов показал, что при одинаковой площади и количестве коллекторов годовая выработка вакуумных солнечных коллекторов примерно на 2 % больше, чем у плоских солнечных коллекторов. Зимой тепловая нагрузка выше, и вакуумные солнечные коллекторы производят на 14% больше, чем плоские солнечные коллекторы. Как показывает расчет, вакуумные солнечные коллекторы более эффективны, чем плоских солнечные коллекторы в зимнее время, что делает их более привлекательными в странах, где температура окружающего воздуха зимой отрицательная и относится к категории D (суровые климатические условия). Место, где мы собираемся применять солнечные коллекторы, относится к категории C (умеренно-теплые климатические условия), что делает КП более привлекательным.

**Ключевые слова:** солнечная энергия, солнечный коллектор, температура, эффективность.

**Введение.** В зависимости от географического положения, энергетических ресурсов, экономических возможностей и климатических условий каждая страна выбирает свое собственное направление развития энергетики и энергетической независимостью. Республика Таджикистан имеет огромные возможности для развития возобновляемых источников энергии, в частности солнечной энергии (СЭ) из-за хорошего прихода солнечной радиации и высокой температуры окружающей среды в республике могут быть широко использованы источники солнечной энергии. Количество солнечных дней в нашей республике колеблется от 280 до 330 дней в году, поэтому использование солнечной энергии является одним из важных вопросов не только сегодняшнего дня, но и ближайшего будущего. В Таджикистане сегодня рассматривать -солнечную энергию, как надежный источник получения электроэнергии в промышленных масштабах, нереально. Но использование её для получения низко потенциальной тепловой энергии для применения в быту возможно и целесообразно. Но есть не-

сколько факторов, которые препятствуют быстрому росту развития электроснабжения на основе солнечной энергии в республике: низкая эффективность солнечных панелей и высокие цены на них, малое свободное пространство для строительства крупных солнечных станций из-за географического расположения, высокий гидроэнергетический потенциал, низкая экономика, отсутствие инвестиций и практически полное отсутствие государственной поддержки на законодательном уровне и на уровне поддержки бизнеса. Все эти факторы приводят к тому, что до сих пор электроснабжение, основанное на солнечной энергии, неконкурентоспособно. Однако СЭ может быть преобразована не только в электрическую энергию, но и в тепловую энергию и может стать конкурентоспособной уже сегодня. Этому способствуют следующие факторы: большое количество децентрализованных потребителей тепловой энергии, высокие цены на электроэнергию для теплоснабжения [1], высокая эффективность солнечных коллекторов (СК) [2-3]. Учитывая вышеперечисленные факторы, появляется

актуальность использования СК для теплоснабжения потребителей.

Расчет и анализ энергоотдачи солнечных коллекторов. Существует множество разновидностей коллекторов [2-3], пред-

назначенных для использования в различных областях, но наиболее отработанные и часто предлагаемые сегодня конструкции коллекторов показаны на рисунке 1.



$\kappa_1=3.56, \kappa_2=0.0146 \eta_0=0.779$      $\kappa_1=1.33, \kappa_2=0.0071 \eta_0=0.7$      $\kappa_1=0.82, \kappa_2=0.0064 \eta_0=0.661$      $\kappa_1=27.35, \kappa_2=0.1 \eta_0=0.78$

Рис. 1. Наиболее часто применяемые типы коллекторов

Где А и Г плоские солнечные коллекторы (ПСК), а Б и В трубчатые солнечные коллекторы или вакуумные солнечные коллекторы (ВСК), причем в варианте В трубки снабжены рефлекторами. Коллекторы типа Г выполнены из пластика, не имеют остекления и применяются исключительно для нагрева воды в бассейне только в странах с отсутствием зимнего сезона. Коллектора типа Г также называют открытым коллектором. Коллекторы А, Б, и В применяются практически во всех случаях, предусмотренных для нагрева воды, в том числе и для отопления. Чтобы определить подходящего коллектора для применения в условиях Таджикистана, проводим расчет их энергоотдачи. Сравнительный расчет энергоотдачи осуществляется между плоским (закрытый тип А) и вакуумным (тип Б) коллекторами. Влияние конструкции СК на их эффективность приведено в литературах [2-3]. Выходная мощность коллекторов описывается уравнением [3]:

$$P_{\text{скj}} = A * (\eta_0 * R_{\text{жс}}^{\beta} - a_1 * \Delta T - a_2 * \Delta T^2), \text{ Вт} \quad (1)$$

где, А - площадь апертуры, м<sup>2</sup>; η<sub>0</sub>- оптический коэффициент полезного действия без учёта потерь тепла, т.е. при равенстве максимально достижимой температуры нагрева жидкости Т<sub>т</sub> и температуры окружающей среды Т<sub>о.с</sub>, о.е.; R<sub>жс</sub><sup>β</sup>- интенсивность суммарного излучения в плоскости коллектора, Вт/м<sup>2</sup>; а<sub>1</sub>- коэффициент тепловых потерь при температуре рабочей жидкости, приведенной к температу-

ре окружающей среды, Вт/м<sup>2</sup>\*°С; а<sub>2</sub>-температурная зависимость коэффициента тепловых потерь, Вт/м<sup>2</sup>\*°С<sup>2</sup>; ΔТ-разница температур между средней температурой рабочей жидкости в коллекторе (Т<sub>т</sub>) и температурой окружающей среды (Т<sub>о.с</sub>), °С.

$$T_t = (T_{\text{out}} + T_{\text{in}}) / 2, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

где, T<sub>in</sub>- температура холодной рабочей жидкости на входе в коллектор, °С; T<sub>out</sub> - температура горячей рабочей жидкости на выходе из коллектора, °С.

Для расчета были выбраны вакуумный солнечный коллектор (ВСК) типа HAWALEXKSR10 (Польша – Германия) и плоский солнечный коллектор (ПСК) типа TopSon F3-1 (Германия).

Также надо учесть, что характеристики системы солнечного теплоснабжения в значительной степени зависят от тепловой нагрузки. Трудно правильно рассчитать долгосрочные характеристики системы без определения тепловой нагрузки. Для более наглядного анализа участия СК на покрытие тепловой нагрузки и ГВС нагрузки также рассчитаем отопительную нагрузку и ГВС. Средний расход теплоты (Вт\*ч) на горячее водоснабжение (ГВС) за j-й час определяется по формуле [2]:

$$Q_{\text{г.в.}j} = q_j * n_{\text{чел}} * (T_{\text{г.в.}} - T_{\text{х.в.}}) * \rho C_p, \text{ Вт} \quad (3)$$

где q<sub>j</sub> – расход горячей воды одним человеком в час, л/чел\*час; n<sub>чел</sub> – количество проживающих в доме человек, о.е.; ρ=1кг/л – плотность воды; T<sub>г.в.</sub>=55 0С – температура горячей воды. Температу-

ра горячей воды должна обеспечиваться круглогодично – не ниже +50 и не выше +70 градусов (согласно санитарным нормам и правилам СНиП 2.08-01-89 "Жилые здания");  $T_{х.в.} \approx 10 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура холодной воды;  $C_p = 4190 \text{ Дж/кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C} = 1,164 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$  - удельная изобарная теплоемкость воды.

Потребность к горячей воде в жилых домах в каждый час меняется, по-этому на основе приведённой формулы 3. На рис. 2 приведен график потребления горячей воды ( $\text{Вт} \cdot \text{ч}$ ) при (температура горячей воды)  $T_{г.в.} = 55^\circ\text{C}$  в литрах на 4 человека. Также необходимо рассчитать отопительную нагрузку. Для этого воспользуемся удельными тепловыми характеристиками зданий -  $q_0$  ( $\text{Вт/м}^3$ ), значения которых изменяется обратно пропорционально объ-

ему здания и зависит от его назначения. Общий объем отопительного здания  $V_{\text{отоп.пом}} = 538,8 \text{ м}^3$ . Расход мощности на отопление определяются по формуле 4.

$$Q_{\text{отоп}} = q_0 \cdot a \cdot (t_{\text{ср}} - t_{\text{нар}}) \cdot V_{\text{отоп.пом}}; \text{Вт} \quad (4)$$

где  $q_0 = 0,37$  (для жилых домов и гостиниц) удельная тепловая характеристика на отопление,  $\text{Вт/м}^3$ ;  $a = 1,29$  (максимум  $t_{\text{нар}} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) – поправочный коэффициент на изменение удельной тепловой характеристики в зависимости от местного климата при жестких условиях, о.е.,  $t_{\text{ср}}$  - усредненная расчетная внутренняя температура помещений,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{нар}}$  – наружная температура,  $^\circ\text{C}$ ;  $V_{\text{отоп.пом}}$  – объем отапливаемого здания,  $\text{м}^3$ .

Результат расчета приведен ниже на рис. 2 и в таблице 1. Суммарная энергия для ГВС и отопления приведена на рис. 3.

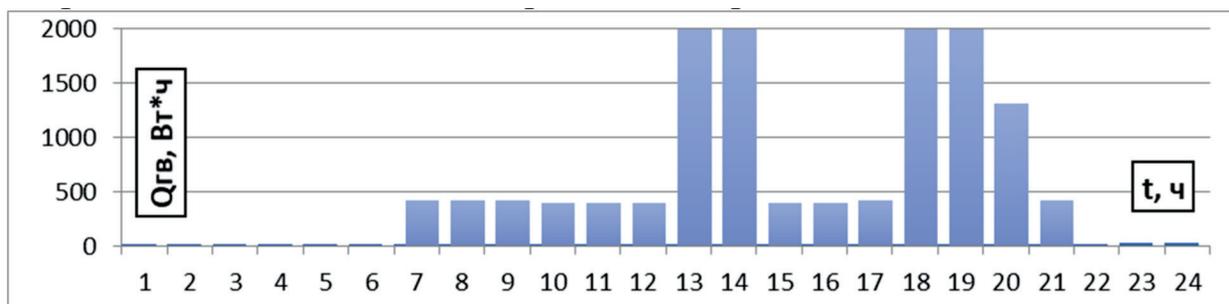


Рис. 2. Изменение ГВС ( $\text{Вт} \cdot \text{ч}$ ) в течение суток.

Таблица 1

Количество энергии для отопления в месяц													
Месяц												Сумма	
Эотоп [ $\text{кВт} \cdot \text{ч}$ ]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
	2960	1829	0	0	0	0	0	0	0	0	515	2458	7761,7

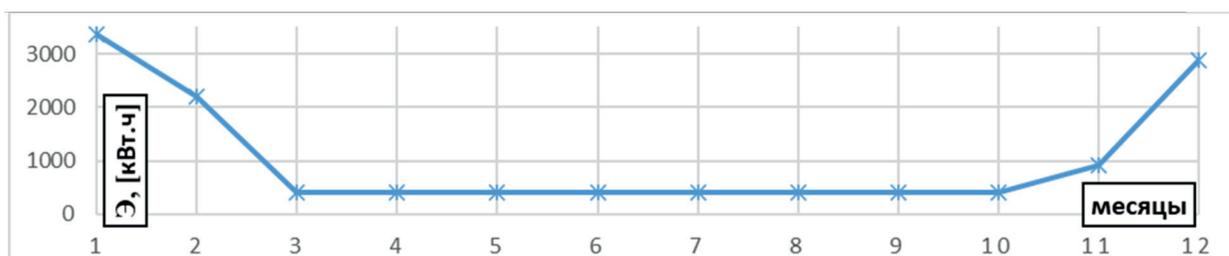


Рис. 3. Суммарная энергия для ГВС и отопления.

Для сравнения ПСК и ВСК ниже приведены таблицы 2-3 и рисунки 4-5, которые показывают выработку разных

количеств СК, при различных условиях окружающей среды.

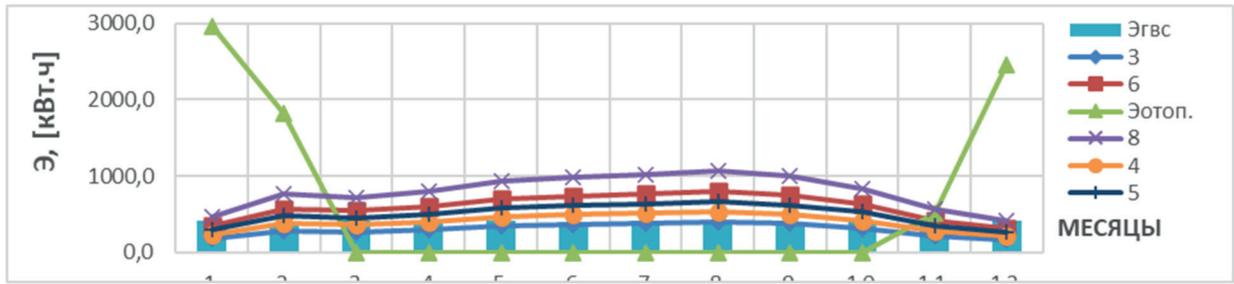


Рис. 5. Выработка различных количеств ПСК (где 3-6, 8) и график отопительной нагрузки (Эотоп) и ГВС (Эгвс).

Как видно из таблицы 2 и рисунка 4, годовая выработка 8 ВСК составляет  $\text{Эскj} = 9720,84 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ , из которых только  $\text{Эскпj} = 3846,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  идет на покрытие графиков отопительной и ГВС нагрузки Эгвс.отоп. При годовой выработке  $\text{Эскпj} = 3846,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  общая нагрузка Эгвс.отоп. обеспечивается только на 30,5%, из которых 2846,10 кВт\*ч (58,5%) покрывает график ГВС, а остальное 1000,3 кВт\*ч идет на покрытие отопительной нагрузки. Расчет энергоотдачи солнечных коллекторов показал, что при одинаковой площади и количестве коллекторов годовая выработка ВСК приблизительно на 2% больше чем ПСК. В зимний период времени

тепловая нагрузка выше и вырабатывает ВСК на 14% больше чем ПСК (см. рис. 4-5 и табл. 3-4). Как показывает расчет, ВСК имеют больше эффективность по сравнению с ПСК в зимнее время, что делает их более привлекательным в странах, где в зимний период температура окружающей среды ниже нуля и относятся к категории D (суровые климатические условия). Место, где мы собираемся применить СК относится к категории C (условия умеренного теплого климата), что делает ПСК более привлекательными. Также у ПСК есть технико-экономическое (цена, вес) преимущество перед ВСК.

Таблица 2

График покрытия ГВС и тепловой энергии от ВСК. Где  $\text{Эскj}$  вырабатываемая энергия СК,  $\text{Эскпj}$  – энергия, которая идет на покрытие графиков нагрузки ГВС и отопления Эгвс.отоп

Значение кВт*ч	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эскj	558	839	777	823	906	928	946	1016	964	851	615	497
Эскпj	512	582	228	240	277	286	294	282	240	224	263	418
Эгвс.отоп.	3373	2202	413	400	413	400	413	413	400	413	915	2871
Покрытия ГВС и отоп. в %	15,2	26,4	55,2	60,0	67,1	71,5	71,3	68,3	60,0	54,1	28,7	14,6

Таблица 3.

График покрытия ГВС и тепловой энергии от ПСК. Где  $\text{Эскj}$  - вырабатываемая энергия,  $\text{Эскпj}$  – энергия, которая идет на покрытие графиков нагрузки ГВС и отопления Эгвс.отоп

Значение кВт*ч	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эскj	464	759	722	807	927	985	1019	1076	997	840	563	419
Эскпj	425	523	212	230	271	291	302	282	238	216	241	350
Эгвс.отоп.	3373	2202	413	400	413	400	413	413	400	413	915	2871
обеспечение в %	12,6	23,8	51,2	57,6	65,6	72,7	73,0	68,1	59,6	52,3	26,3	12,2

**Выводы**

В статье дана оценка использования СК для системы отопления и горячего водоснабжения в условиях Республики Таджикистан. Расчет энергоотдачи солнечных коллекторов показал, что при одинаковой площади и количестве коллекторов годовая выработка ВСК приблизительно на 2% больше чем ПСК. В зимний период времени тепловая нагрузка выше и вырабатывает ВСК на 14% больше чем ПСК. Как показывает расчет, ВСК имеют большую эффективность по сравнению с ПСК в зимнее время, что делает их более привлекательным в странах, где в зимний период температура окружающей среды ниже нуля и относятся к категории D (суровые климатические условия). Место, где мы собираемся применить СК относится к категории C (условия умеренного тёплого

климата), что делает ПСК более привлекательными.

**Список литературы**

1. Официальный сайт ОАХК «Барки Точик» / Прейскуранты «О тарифах на электрическую и тепловую энергию» Антимонопольной службой при Правительстве Республики Таджикистан совместно с Открытой акционерной холдинговой компанией «Барки Точик», / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.barqitajik.tj/documents/bills/>.
2. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: Мир, 1977г. — 413 с.
3. Генрих Реттих // Коллекторы и гелиотермические системы / Генрих Реттих, Кунке К. Оснабрюкский университет прикладных наук – 2007.

## ТАЪМИНИ ГАРМӢ БО ИСТИФОДА АЗ НЕРУИ ОФТОБӢ ДАР ТОЧИКИСТОН

*Раҳмонов Ш.С., Гулаҳмадов А.А.,  
Ҳасанов Б.М., Қурбонализода С.Ш.*

*Аннотатсия.* Дар мақола баҳодиҳии истифодаи коллекторҳои офтобӣ барои системаи гармидиҳӣ ва оби гарм дар шаירוити Ҷумҳурии Тоҷикистон оварда шудааст. Ҳисобкунии самаранокии энергияи коллекторҳои офтобӣ нишон дод, ки бо ҳамон майдон ва шумораи коллекторҳо ҳосили солони коллекторҳои офтобии вакуумӣ назар ба коллекторҳои офтобии ҳамвор тақрибан 2% зиёд аст. Дар фасли зимистон сарбории гармӣ зиёдтар аст ва коллекторҳои офтобии вакуумӣ назар ба коллекторҳои офтобии ҳамвор 14% зиёд истеҳсол мекунад. Тавре ки ҳисоб нишон медиҳад, коллекторҳои офтобии вакуумӣ нисбат ба коллекторҳои офтобии ҳамвор дар фасли зимистон самараноктаранд, ки ин онҳоро дар кишварҳои ҷолибтар мекунад, ки ҳарорати муҳити зист дар зимистон манфӣ аст ва ба категорияи D (шаירוити иқлимӣ сахт) тааллуқ доранд. Ҷое, ки мо коллекторҳои офтобиро ба қор мебарем, ба категорияи C (шаירוити мӯътадил гарми иқлим) тааллуқ дорад, ки КП-ро ҷолибтар мекунад.

*Калимаҳои калидӣ:* энергияи офтобӣ, коллектори офтобӣ, ҳарорат, самаранокӣ.

## HEAT SUPPLY BASED ON SOLAR ENERGY IN TAJIKISTAN

*Rakhmonov Sh.S., Gulakhmadov A.A.,  
Hasanov B.M., Qurbonalizoda S.Sh.*

*Abstract.* The article provides an assessment of the use of solar collectors for heating and hot water supply systems in the conditions of the Republic of Tajikistan. Calculation of the energy efficiency of solar collectors showed that with the same area and number of collectors, the annual production of vacuum solar

collectors is approximately 2% greater than that of flat-plate solar collectors. In winter the heat load is higher and vacuum solar collectors produce 14% more than flat plate solar collectors. As calculations show, vacuum solar collectors are more efficient than flat solar collectors in winter, which makes them more attractive in countries where the ambient temperature in winter is negative and belongs to category D (severe climatic conditions). The place where we are going to use solar collectors belongs to category C (warm-moderate climate conditions), which makes the KP more attractive.

**Keywords:** solar energy, solar collector, temperature, efficiency.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич – докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, тел. (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru, Гулаҳмадов Аминҷон Абдучабборович – доктори илмҳои техникӣ, мудири сохтори илмӣ-таълимӣ ва таҳлили Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, тел. (+992) 885471616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Хасанов Бехруз Махмадқулович - аспиранти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, тел. (+992) 908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com. Курбонализода Саидабдулло Шамсулло – н.и.т., Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, тел. (+992) 55552044, E-mail: said\_harkov@mail.ru

**Сведения об авторах:** Раҳмонов Шарифхуджа Сайвалиевич – докторант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, тел. (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru, Гулаҳмадов Аминҷон Абдуджабборович – доктор технических наук, начальник научно-образовательного и аналитического подразделения Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, тел. (+992)885471616, E-mail: agu-lakhmadov@gmail.com, Хасанов Бехруз Махмадқулович - аспирант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, тел. (+992) 908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Курбонализода Саидабдулло Шамсулло – к.т.н., Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, тел. (+992) 55552044, E-mail: said\_harkov@mail.ru

**Information about the author:** Rakhmonov Sharifkhujja Saivalievich – PhD student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru, Gulakhmadov Aminjon Abdujabborovich - doctor of sciences, head of the scientific, educational and analytical division of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 885471616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Hasanov Behruz Mahmaddulovich - Post-graduate student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Science, Phone: (+992) 908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Qurbonalizoda Saidabdullo Shamsullo – candidate of technical sciences, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Science, Phone: (+992) 55552044, E-mail: said\_harkov@mail.ru.

UDK620.9:662.92; 658.264

## ECONOMIC EFFICIENCY OF PLATE HEAT EXCHANGERS IN HOT WATER SUPPLY SYSTEMS

*Nasrulloev F.Kh., Hasanov J.R.*

*Institute of water problems, hydropower and ecology  
of the National Academy of sciences of Tajikistan*

---

**Annotation.** This article discusses methods for increasing the efficiency of thermal mechanical equipment of heating networks, combined heat and power plants (CHP), as well as the economical use of electricity and heat by reducing the water temperature in heating systems and autonomous water supply systems using plate heat exchangers. Solving these problems ensures a stable increase in the efficiency of obtaining and distributing thermal energy from the source to the end consumer. From this point of view, it is closely related to the progress of the country's economy, improvement of the environmental situation and the safety of the population.

**Key words:** combined heat and power plant (CHP), heat networks, energy-saving, circulating network water, plastic heater, efficiency.

Energy saving is the rational use and reduction of losses in the process of production, renewal, transmission and consumption of energy, which today is one of the most important strategic issues of the Republic of Tajikistan and requires a serious and careful approach. Within the framework of the Strategy and Development of the Energy Sector, Tajikistan, along with the creation of new energy sources, also pays special attention to energy efficiency. In this regard, the Laws of the Republic of Tajikistan “On Energy Saving and Energy Efficiency” and “On the Use of Renewable Energy Sources” were adopted. In a market economy, in order to increase competitiveness and meet the requirements of laws and energy efficiency strategies, it is necessary to look for ways to increase the efficiency of CHP plants.

The purpose of this work is to develop a heat engineering system based on the transfer of heat from a district heating system by means of plate heat exchangers, which increases the efficiency of the hot water supply system without consuming the original expensive energy carrier and polluting the environment with harmful emissions.

One such way is to lower the return water temperature of the heating system. This will increase the efficiency of heating systems, reduce the thermal pressure of the steam turbine, increase electricity generation through the efficient use of heat and fuel in the power plant, as well as a number of efficiency in saving heat and electricity for consumers.

Materials and methods. A plate heat exchanger is a surface-type heat exchanger

designed for heat exchange between various media: liquid - liquid, vapor - liquid. The heat transfer surface of the plate heat exchanger is formed from thin stamped corrugated plates. The working media in the heat exchanger move in slotted channels of complex shape between adjacent plates. The channels for the heating and heated coolants alternate with each other [1]. The distribution scheme of the heat carrier flow through the heat exchanger channel is shown in fig. 1. The heat exchanger consists of the following parts: 1-input heat carriers from the city heating network; 2- output of heat carriers to the city heating network; 3- cold water inlet to the heat exchanger; 4 - hot water outlet from the plate heat exchanger to an autonomous hot water supply system. High heat transfer efficiency is achieved through the use of thin corrugated plates, which are natural flow turbulators and, due to their small thickness, have low thermal resistance. The tightness of the channels and the distribution of heat carriers through the channels is ensured by means of rubber seals located along the diameter of the plate. The seal is attached to the plate with a clip. The seal, located along the perimeter of the plate, covers two corner holes through which the flow of the working medium enters the interplate channel and leaves it, and through the other two holes, additionally isolated by ring seals, the counter flow passes in transit. Around these openings there is a double seal that guarantees the tightness of the channels [2,7].

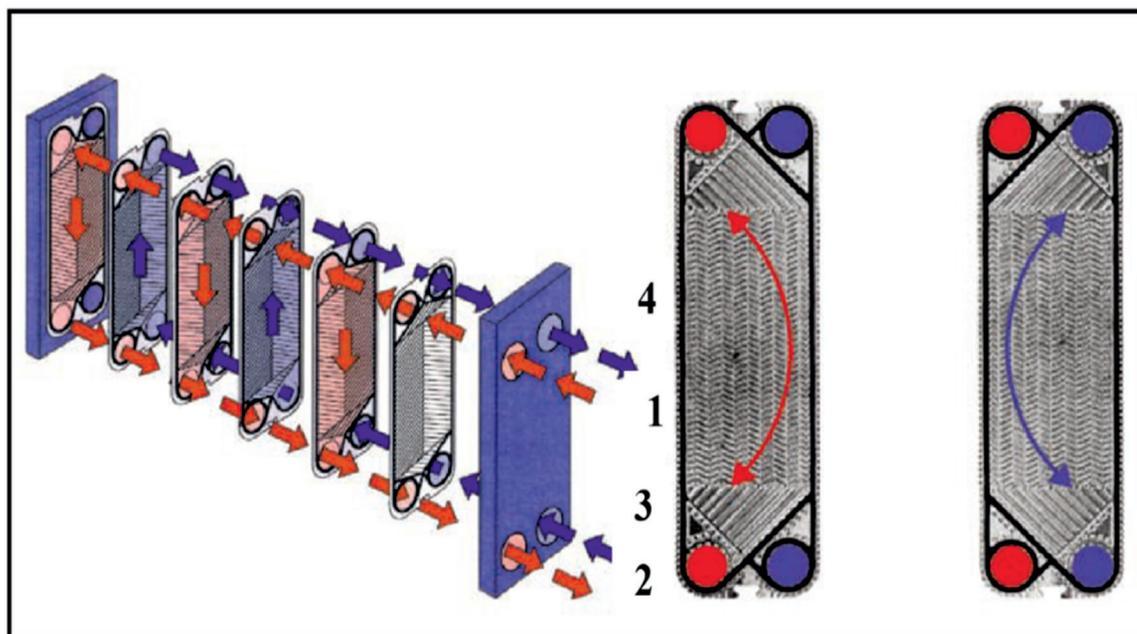


Figure 1. Scheme of distribution of the coolant flow through the channel in a plate heat exchanger

Table 1.

Technical and economic indicators reconstruction of an autonomous hot water supply system using plate heaters due to the heating system on the example of the Istiklol Health Complex in one season (6 months)

№	Equipment parameters	Hot water boilers	Hot water pump	Total
1	Electric power, kW/h	1680 (7x240)	63(14x4,5)	1743
2	Quantity			
	-in work	7	14	21
	-in reserve	12	14	26
3	Energy saving, (kW)	5443200	272160	5715360
4	The amount for the purchase of materials (somoni)	13894		13894
5	Saving money on repairs(somoni)	25000	15000	40000
6	Savings amount (somoni)	1455511	72776	1554394

The total amount saved due to energy saving for one season is, somoni:

$$\Sigma=1455511 + 72776 = 1528287 \text{ somoni}$$

More than 30,000 somoni per year is spent on repairs of water supply pumps (replacement of oil seals, bearings, engine seals, etc.), 50% of which is 15,000 somoni.

The repair of the electrical part of water pumps and electric hot water boilers (replacement of RCDs, electric heating elements, fuses, starters, electric switches, temperature switches, pressure switches,

etc.) costs about 50000 somoni per year, 50% of which is 25000 somoni .

For 6 months, the total amount saved due to energy saving is, in somoni:

$$\Sigma=1528287 + 15000 + 25000 = 1568287 \text{ somoni}$$

13894 somoni was spent on the reconstruction of this system for the purchase of materials.

As a result, the economic profitability when using the device is an autonomous hot water supply system using plate heaters due

to the heating system of the State Institution “Istiklol Health Complex” for six months, is, somoni:

$$\Sigma=1568287-13894 = 1554394 \text{ somoni}$$

Discussion. The proposed autonomous hot water supply system for the building of complex medical and educational institutions, residential buildings, as well as industrial buildings and structures, includes the use of heat from a centralized city heating system by connecting a plate heat exchanger to the centralized city heating system in series, which does not violate the mode of movement of water coolants circulating in pipelines along a closed loop of the city heat supply system. An autonomous hot water supply system is connected through the second circuit of the plate heat exchanger.

The diagram of the device for an autonomous hot water supply system using

plate heaters due to the heating system is shown in Figure 2.

The proposed autonomous hot water supply system consists of the following units (Fig. 2): 1-heat carrier input from the city heating network; 2 valves; 3- supply manifold heating system; 4-building heating system; 5-return manifold heating system; 6- outlet of the coolant from the supply manifold of the heating system to the plate heat exchanger of the hot water supply system; 7- coolant outlet from the plate heat exchanger to the return manifold of the city heating system; 8- coolant outlet from the return manifold to the heating system in the city heating network; 9-plate heat exchanger; 10 - cold water inlet to the plate heat exchanger; 11 - hot water outlet from the plate heat exchanger to the hot water supply system [5,7].

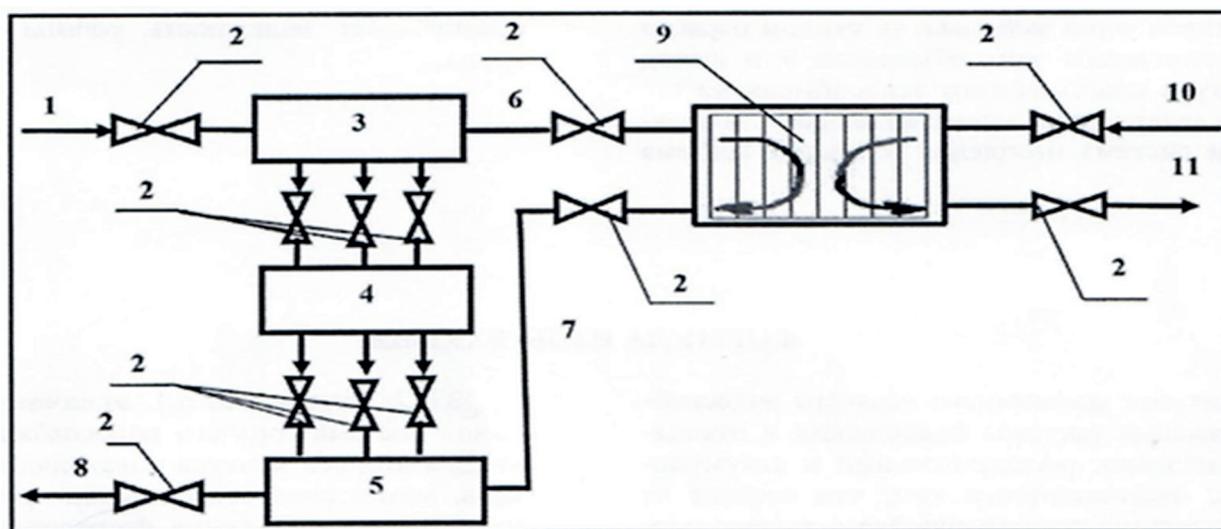


Figure 2. Scheme of the device of an autonomous hot water supply system using plate heaters due to the heating system.

The essence of the proposed autonomous hot water supply system lies in the fact that the outlet of the centralized urban heating supply is connected to the input 1 through the valve 2 to the heating system supply manifold 3, which is connected to the heating system of the building 4 through the valves. Further, the heating system of the building 4 is connected through the valves to the return manifold of the heating system 5, which is

connected to the system of the centralized city heating network 8, through the valves. One of the outlets of the heating system supply manifold 6 is connected through valves to the input of the first circuit of the plate heat exchanger 9 and the outlet of the first circuit of the plate heat exchanger is connected through valves to one of the inputs 7 of the return manifold of the heating system 5. The outlet of the hot water supply system 10 is

connected through the valve 2 to the input of the second circuit of the plate heat exchanger 9, the outlet of which is connected through a valve to the inlet of the hot water supply system 11. The circuit of the hot water supply system includes an expansion and storage tank, which are not shown in figure [5,7].

In order to save energy, we implemented a proposal for the reconstruction of an autonomous hot water supply system using plate heaters at the expense of the heating system [6]. This rational proposal has the following advantages;

- Facilitate the work of staff
- Energy saving
- Economy parts of electric boilers
- Long-term use of electric boilers
- Saving water pump parts
- Long-term use of water pumps
- Confidence in work
- Reliability of work
- Safety

**Conclusion.** An autonomous hot water supply system containing systems of inlet and outlet pipes, valves, an expansion and storage tank, characterized in that it consists of an inlet manifold connected to the inlet of the primary circuit of the plate heat exchanger, the outlet of which is connected to the inlet of the outlet manifold of the centralized urban heat supply system by means of water supply pipes.

The advantages of the technical solution is to increase the efficiency of the hot water supply system without consuming the original expensive energy source and polluting the

environment with harmful emissions. The application of the attached method has the following advantages: facilitate the work of personnel; save electricity; save parts of electric boilers; extends the life of electric boilers; save water pump parts; allows long-term use of water pumps; ensures the reliability of work and labor safety.

As a result, the economic profitability when using the hot water supply system with the use of plate heaters for six months is 1554394 somoni.

#### Literature:

1. Law of the Republic of Tajikistan dated September 19, 2013, No. 1018 "On Energy Saving and Energy Efficiency".
2. Theory of heat transfer. Plate heat exchangers (Alfa Laval edition).
3. <http://stroystil-nsk.ru/uslugi/postavka-teploobmennikov/>
4. <https://infopedia.su/4x692d.html>
5. A set of rules for internal heating systems, hot and cold water supply. Operating rules.
6. PUE. Electrical Installation Code (7th ed.).
7. Насруллоев Ф.Х., Реконструкция системы автономного горячего водоснабжения с применением пластинчатых нагревателей за счет системы отопления (Reconstruction of the system of autonomous hot water supply with the use of plastic heaters due to the heating system). Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2022. № 1 (57). С. 35-39.

## САМАРАНОКИИ ИҚТИСОДИИ ГАРМИМУБОДИЛАКУНАНДАҲОИ ЛАВҲАҒӢ (ПЛАСТИНЧАТӢ) ДАР СИСТЕМАИ ОБИ ГАРМТАЪМИНКУНӢ

*Насруллоев Ф.Х., Ҳасанов Ҷ.Р.*

*Аннотатсия.* Дар ин мақола усулҳои баланд бардоштани коэффициентҳои амали ғойданоки таҷҳизотҳои гармидиҳии шабақаҳои гармидиҳӣ, марказҳои барқу гармидиҳӣ (МБГ) ва илчунин сарфакорона истифода бурдани энергияи барқ ва гармӣ тавассути паст кардани ҳарорати об дар системаҳои гармидиҳӣ ва системаҳои автономии обтаъминкунӣ бо истифода аз гармқунакҳои лавҳагӣ (пластинчатӣ) баррасӣ карда мешаванд. Ҳалли ин проблемаҳо афзоиши устувори сама-

раи ба даст овардан ва тақсим намудани энергияи гармиро аз манбаъ то истеъмолкунандаи низои таъмин менамояд. Аз ин лиҳоз ба пеширафти иқтисодиёти мамлакат, беҳтар шудани вазъияти экологӣ ва беҳатарии аҳолии зич алоқаманд аст.

**Калидвожаҳо:** МБГ, шабакаҳои гармидиҳӣ, энергиясарфанамоӣ, оби баргашти шабакавӣ, гармкунаки пластичатӣ (лавҳагӣ), коэффитсиенти амали фоиданок.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ В СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Насруллоев Ф.Х., Хасанов Дж.Р.*

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены методы повышения эффективности тепломеханического оборудования теплосетей, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), а также экономного использования электроэнергии и тепла за счет снижения температуры воды в системах отопления и автономных системах водоснабжения с использованием пластинчатый теплообменников. Решение этих проблем обеспечивает стабильное повышение эффективности получения и распределения тепловой энергии от источника до конечного потребителя. С этой точки зрения это тесно связано с прогрессом экономики страны, улучшением экологической ситуации и безопасностью населения.

**Ключевые слова:** ТЭЦ, тепловые сети, энергосбережение, оборотная сетевая вода, пластиковый нагреватель, КПД.

**Information about the authors:** Nasrulloev Farhod Khujaevich - Doctor PhD, e-mail: farhad-9393@mail.ru; tel:+992918397131; Hasanov Jasur - Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Energy and Telecommunications Technological University of Tajikistan, e-mail: jacur@mail.ru, тел:+992927303353;

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Насруллоев Фарход Хучаевич- доктор PhD, e-mail: farhad-9393@mail.ru, тел:+992918397131; Хасанов Часур – номзоди илмҳои техникаӣ, мудири кафедраи энергетика ва телекоммуникасияи Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон, e-mail: jacur@mail.ru, тел:+992927303353;

**Сведения об авторах:** Насруллоев Фарход Хучаевич- доктор PhD, e-mail: farhad-9393@mail.ru, тел:+992918397131; Хасанов Джасур - кандидат технических наук, заведующий кафедрой энергетика и телекоммуникации Технологический университет Таджикистана, e-mail: jacur@mail.ru, тел:+992927303353.

УДК 536.6+626/627

## ТЕРМОМЕТР – ТЕПЛОМЕР. ЧАСТЬ 1. ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИХ СКВАЖИНАХ

*Давлатшоев С.К., Амирзода М.Х., Мирзоева Б.М.*

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ*

**Аннотация:** при образовании фильтрационного потока в основании сооружений особое внимание должно уделяться исследованию взаимодействия фильтрационных вод из водохранилища с подземными водами и растворимыми породами основания плотины. Взаимодействие фильтрационного потока с соленосными породами оснований характеризуется растворением растворимых пород, а затем – выщелачиванием (вымывание растворенных составляющих). Пути сосредоточенной фильтрации в основании гидротехнических сооружений, в основном, появляются в связи с наличием растворимых пород. Практика показывает, что отсутствие мониторинга современными методами и средствами может привести к нарушениям нормальной эксплуатации сооружения и риска появления чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** плотина, пьезометрическая скважина, термометр, тепломер, сосредоточенная фильтрация, погружной зонд, тепловые потоки, мониторинг, регистратор.

В основании плотины Рогунской ГЭС залегает пласт каменной соли. Анализ строительства и эксплуатации ГЭС на водорастворимых основаниях показывает, что отсутствие мониторинга за гидрогеохимическим режимом, фильтрационными потоками и отсутствия защитных мероприятий может привести к нарушениям нормальной эксплуатации сооружения и риск появления чрезвычайной ситуации [1- 4].

Для определения пути сосредоточенной фильтрации в основании и бортам плотины специалистами ООО «Гидроспецпроект» города Рогуна и ООО «NELT» города Душанбе, под руководством автора был разработан термометр-тепломер по аналогии прибора кондуктометра [5, 6]. Термометр-тепломер предназначен для высокоточного измерения температуры и тепловых потоков в "сухих" инженерно-геологических скважинах или заполненных водой [4].

Термометр – тепломер позволяет использовать только один двухканальный зонд, резко повысить производительность термометрии "сухих" скважин, увеличить точность регистрации температуры, измерять температуру в любой интересующей точке, создавать необходимые условия сканирования всей скважины, или наблюдения процессов фильтрации подземных вод и путей зарождения сосредоточенной фильтрации на любой выбранной глубине [4]. Ранее приходилось использовать связку ртутных или иных термометров, с большим периодом ожидания установившихся режимов. Зонд термометра связан с регистратором беспроводным интерфейсом, что значительно ускоряет производительность полевых работ.

В качестве регистратора используется любой Виндовс (Windows) совместимый компьютер, с прикладным программным обеспечением в комплекте прибора. Внутри программного обеспечения также имеются программные средства калибровки, обработки и накопления данных, графическая оболочка с поддержкой формата джипег (jpg) для отчетов.

Благодаря особой конструкции зонда удается избежать влияния зондирования на установившийся температурный режим скважины в процессе сканирования.

Конструкция также обеспечивает малую постоянную времени термо-датчиков в сочетании с механической защищенностью. Дифференциальная чувствительность прибора позволяет уверенно обнаруживать перепады (градиент) температур в водной среде на уровне  $0,00010\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{см}$  [4].

Конструкция термометра-тепломера позволяет измерять вертикальные тепловые потоки, исходя из найденного градиента  $dT/dz$ . Кроме числовых данных, в процессе измерений строится «онлайн» термограмма, которая позволяет оператору сразу обнаружить возможные температурные аномалии [4].

В связи с этим, изменяется методика проведения термометрии водных скважин. Вместо заливки таких скважин горячей водой и наблюдения за скорости процесса остывания, появляется возможность пассивного построения высокоточного профиля скважины с высоким разрешением по глубине и температуре. Это дает возможность уверенного определения зон вероятной фильтрации подземных вод.

Основные технические характеристики термометра приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Основные технические характеристики термометра - тепломера

1	Диапазон измеряемых температур	8-25 °С
2	Количество каналов измерения	2
3	База, расстояние между термодатчиками	180 мм
4	Наихудшая точность	0,010 °С
5	Разрешающая способность	0,0010 °С
6	Долговременная стабильность	0,0050 °С/ год
7	Постоянная времени прибора с фильтром / без фильтра	1 секунда / 0,1 секунда
8	Период обновления данных	0,1 секунда
9	Дальность действия беспроводного интерфейса	50-100 м
10	Длина погружного кабеля	60 м
11	Диаметр погружного зонда	20 мм
12	Масса погружного зонда	920 г
13	Габариты погружного зонда	240x20x20 мм
14	Напряжение питания батареи	3-5 В
15	Срок службы внутренней батареи	1-3 года
16	Влаго и пылезащита измерителя	IP57

Термометр-тепломер состоит из следующих частей (рис. 1): погружного зонда, сигнального кабеля, катушки для намотки кабеля, кожуха для хранения погружного зонда, совмещённого с катушкой, радиопередатчика сигнала с погружного

зонда, встроенного в катушку, регистратора, радиоприёмника сигнала с погружного зонда. Питается погружной зонд от трёх щелочных батареек формата АА, размещённых также внутри катушки [4].



Рис. 1. Комплектация термометра - тепломера

Погружной зонд на кабеле погружается на требуемую глубину в исследуемую среду. Данные о температуре поступают на регистратор одновременно от двух термодатчиков, размещённых на погружном зонде. От погружного зонда по сигнальному кабелю до радиопередатчика и далее по радиоканалу попадают на радиоприёмник, подключённый к регистратору.

Специализированная программа, запущенная на регистраторе, отображает в графическом виде и сохраняет в файл полученные данные.

Для начала работы необходимо подключить разъём погружного зонда к регистратору, роль которого выполняет нетбук, включить нетбук, запустить программу кондуктометра и опустить погружной зонд на кабель целиком в исследуемый раствор (зонд не должен касаться стенок и дна сосуда).

Данные с зонда — температура, исходные данные термодатчиков непрерывно

выводятся на экран компьютера и при необходимости могут быть записаны в текстовый файл. Клавиша пробел используется для простановки меток глубины погружения зонда.

Для получения точных данных температура зонда и исследуемой жидкости должны сравняться, на что может потребоваться несколько минут.

Погружной зонд (рис. 2) состоит из отрезка прочной пластиковой трубы 1, заглушенной с обоих концов стальными заглушками 3 и 4. Стальная заглушка 3 имеет сквозное отверстие для кабеля, заглушка 4 наглухо закрыта. В отрезок пластиковой трубы 2 помещены два термодатчика 2. Оба датчика залиты эпоксидной смолой с целью их гидроизоляции. Электронная часть погружного зонда расположена внутри катушки для намотки кабеля [4].

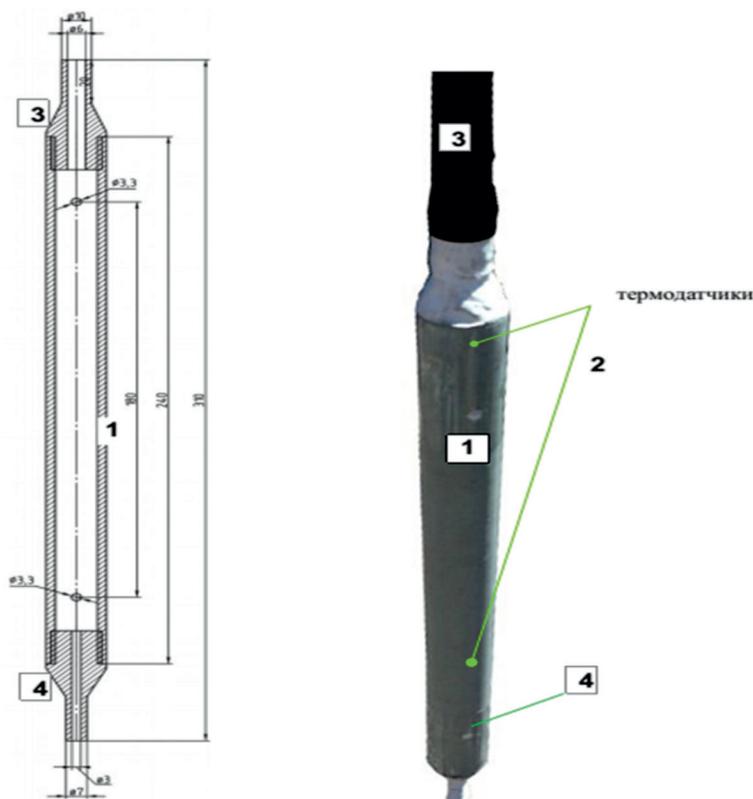


Рис. 2. Погружной зонд

Регистратор соединяется с зондом по радиоканалу через приёмный радиомодуль, подключенный к USB порту компьютера. Чтобы радиомодуль заработал и начал принимать сигналы с зонда, на компьютере должны быть установлены драйвер радиомодуля и специализированная программа термометра. Зона действия радиомодуля составляет порядка 100 м при условии прямой видимости [4].

Программное обеспечение термометра Rogun termom в реальном времени отображает на экране и по ко-

манде фиксирует в файл следующие параметры: температуру кондуктометрического датчика, глубину погружения зонда, исходные данные с зонда, комментарии к записываемым данным.

Изменения температуры также выводятся на экран в виде диаграммы, которую можно масштабировать и экспортировать в файл.

Назначение элементов основного окна программы приводится на рисунке 3.

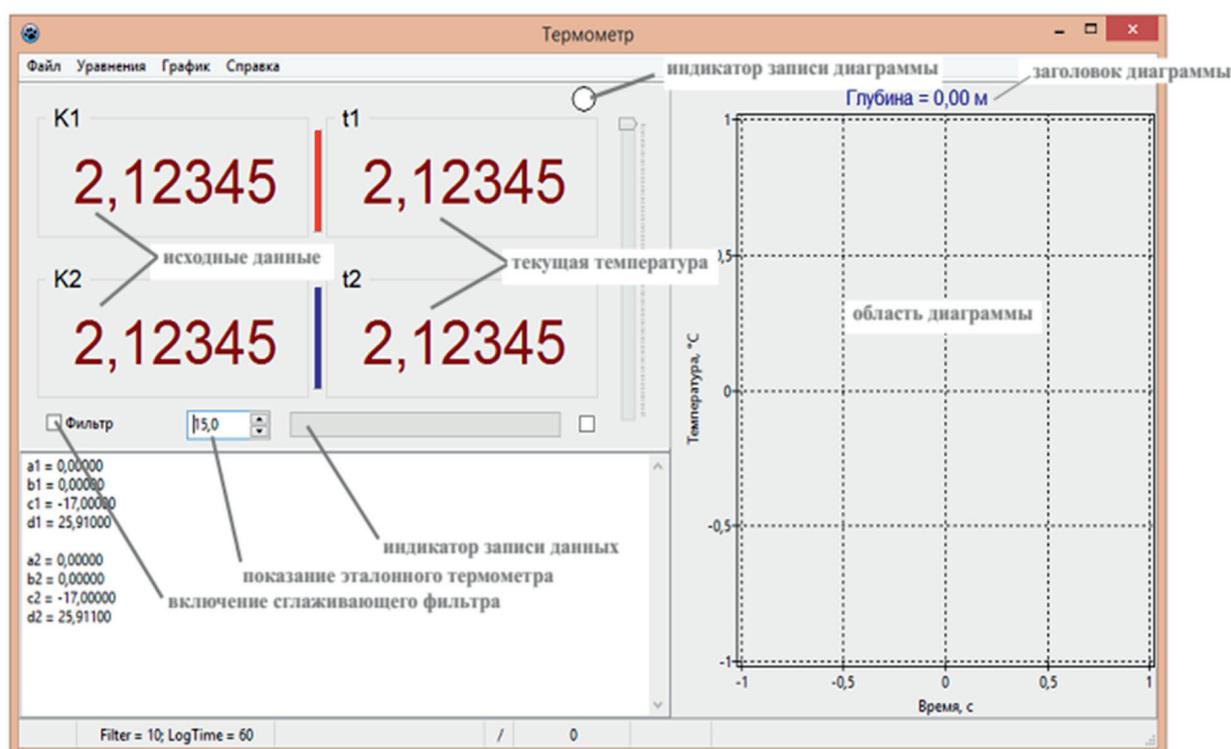


Рис. 3. Окно программы Rogun Termom

Программа может сохранять два типа данных: текстовые и графические - файлы диаграмм. В текстовый файл сохраняются следующие данные: дата, время, температура и глубина каждого измерения, пояснения к текущему измерению, температуру эталонного термометра.

Кроме текстовых данных возможен режим самописца, когда изменения тем-

пературы непрерывно выводятся на экран в виде диаграммы.

Также в программе предусмотрена функция просмотра сохранённых ранее диаграмм. Окно программы просмотра изображено на рисунке 4.

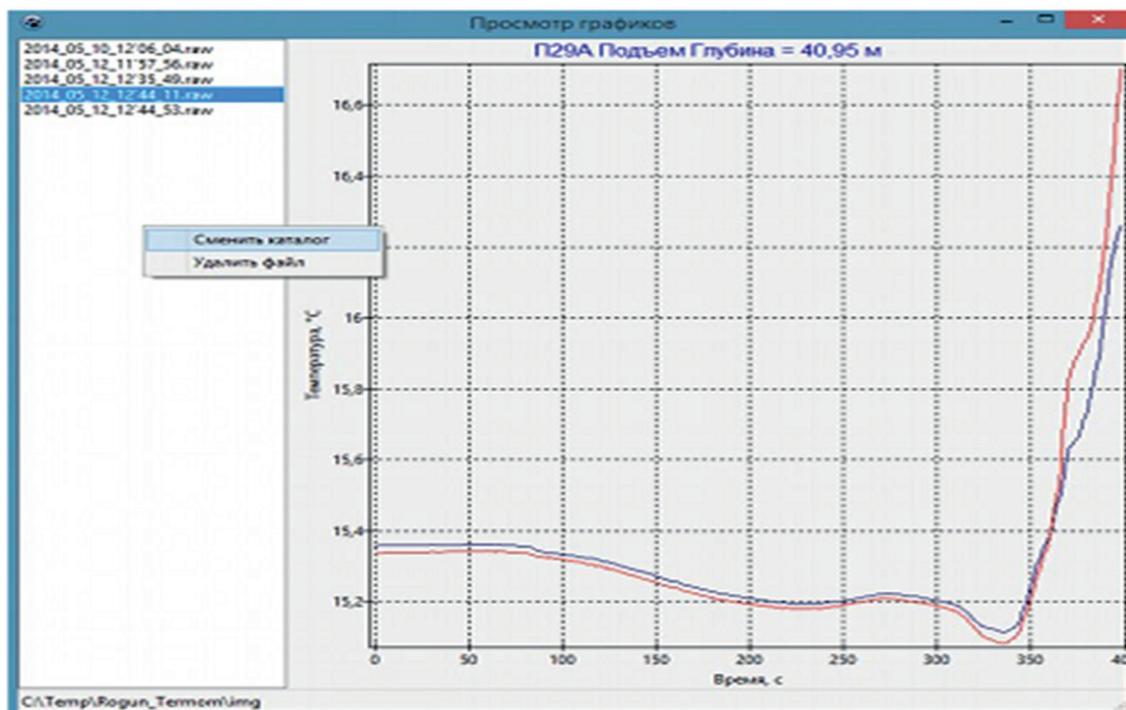


Рис. 4. Окно просмотра сохранённых диаграмм

В левой части окна расположен список сохранённых диаграмм, справа располагается выбранная диаграмма, внизу окна указан полный путь к папке с диаграммами. Диаграмма имеет заголовок. Диаграмму можно масштабировать, выделяя мышью нужную область на экране. Для того, чтобы вернуться от просмотра масштабированного изображения к просмотру целой диаграммы нужно дважды щёлкнуть мышью в окне диаграммы.

Диаграммы сохраняются только в папке, расположенной по адресу `\Rogun_Termom\img`, изменить расположение файлов диаграмм можно вручную, если скопировать или перенести их в другую папку. В средстве просмотра графиков можно просматривать диаграммы, расположенные в других папках, не только в `\Rogun_Termom\img`. Для смены папки нужно нажать правой кнопкой мыши в левой части окна программы и найти требуемую папку на диске. Тем же методом, нажав правой кнопкой мыши на файле, можно удалить выбранный файл.

Уравнения вычисления температуры используются программой для вычисле-

ния температуры раствора, исходя из измеренного значения коэффициента  $K$ . В процессе калибровки термодатчиков для каждого температурного диапазона экспериментально определяется собственное уравнение. Границы температурного диапазона определяются необходимой степенью точности, чем уже диапазон, тем точность выше. Результаты записываются в файле `config.ini` (раздел Файл конфигурации программы).

Примеры уравнений температуры:

$y1\_00=0x^3+0x^2-17x+25,91$ //Уравнение 1(8-12С)

$y1\_01=0x^3+0x^2-17x+25,91$ //Уравнение 2(12-20С)

$y1\_02=0x^3+0x^2-17x+25,91$ //Уравнение 3(20-25С)

В общем случае уравнение описывается кубическим полиномом и можно вводить коэффициенты при  $x^3$  и  $x^2$ . Для узких диапазонов зависимость линейная, поэтому коэффициенты  $x^3$  и  $x^2$  нулевые. Линейность уравнений упрощает калибровку и поверку.

**Выводы**

1. При исследовании пьезометра П29А, проведенного для испытаний прибора, установлено, что в интервале температур  $15,15 - 15,1 = 0,05$  °С (большое деление на рисунке 4), прибор имеет не менее 100 четко различимых точек графика при временном шаге 1 сек. Это означает, что разрешающая способность прибора равна  $0,05$  °С/100=0,0005 °С, что соответствует паспортному значению 0,0010 °С.

2. Темп сканирования пьезометра 100 см/1 мин. выбран правильно, т. к. температурная кривая гладкая, не имеет изломов и ступенек.

3. Технические характеристики термометра позволяют в реальном масштабе времени выявить надёжность работы противодиффузионной завесы и пути сосредоточенной фильтрации на ранней стадии, в основании плотины и ликвидировать риск проявления чрезвычайной ситуации.

4. Термометр – тепломер можно использовать в сочетании с созданием искусственного теплового поля, в любой интересующей точке, заливая горячую воду в скважину и наблюдая за скоростью процесса остывания. Таким образом, появляется возможность пассивного построения высокоточного профиля скважин с высоким разрешением по глубине и температуре. Это даёт возможность уверенного определения зон вероятной фильтрации вод.

**Список литературы**

1. Гарелина, С.А., Давлатшоев, С.К., Латышенко, К.П. Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 1. На примере Рогунской ГЭС на реке Вахш. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. – 159 с.
2. Гарелина, С.А., Давлатшоев, С.К., Сафаров М.М. Система мониторинга защиты пласта соли основания плотины Рогунской ГЭС // Общественные проблемы подготовки инженерных кадров МЧС РФ: сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции. – Химки: АГЗ МЧС России, 2018. –С. 26-29.
3. Гарелина, С.А., Давлатшоев, С.К., Сафаров М.М. Система защиты солевого пласта плотины Рогунской ГЭС // IX Всеросс. Н.-практ. Конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронеж: ВФ ИПСА ГПС МЧС России, 2018. –С. 135-138.
4. Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Термометр - тепломер для определения пути сосредоточенной фильтрации в основании плотины. Сборник научных статей. Материалы двенадцатой международной теплофизической школы «Теплофизика и информационные технологии» 19-21 октября 2021г. Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. - С. 161-164.
5. Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Измерения степени минерализации жидкостей кондуктометрическим способом. Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2019. № 2-3 (66). С. 53-57.
6. Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 18. - С. 45-51.

## ҲАРОРАТСАНЧ - ҲИСОБКУНАКИ ГАРМӢ. ҚИСМИ 1. ЧЕНКУНИИ ЧАРАӢНИ ГАРМӢ ДАР ЧОҲҲОИ ПЕЗОМЕТРӢ

*Давлатшоев С.К., Амирзода М.Х., Мирзоева Б.М.*

**Аннотатсия.** Дар вақти ба вуҷуд омадани чараӢни полоиши об дар пояи иншоотҳо ба омӯхтани таъсири мутақобилаи обҳои полоиши обанбор ва обҳои зеризаминӣ ба чинсҳои ҳашиавандаи асосӣ сарбанд диққати махсус додан лозим аст. Таъсири мутақобилаи чараӢни полоиши бо чинсҳои намақдори таҳкурсӣ бо маҳлули чинсҳои ҳашиаванда ва баъдан шустаишавӣ (шуста шудани чузъҳои маҳлул) ҳос аст. Роҳҳои полоиши мутамарказии об дар зерини иншооти гидротехникӣ асосан аз сабаби мавҷуд будани чинсҳои ҳашиаванда пайдо мешаванд. Таҷриба нишон медиҳад, ки набудани мониторинг бо усулу воситаҳои муосир метавонад боиси халалдор шудани фаъолияти мӯътадили иншооти гидро-техникӣ ва хатари ҳолати фавқулодда гардад.

**Калидвожаҳо:** сарбанд, чоҳи пьезометрӣ, ҳароратсанҷ, ҳисобкунаки гармӣ, плоиши мутамарказӣ, зонди гутавар, чараӢнҳои гармӣ, мониторинг, сабтқунада.

## THERMOMETER - HEAT METER. PART 1. HEAT FLOW MEASUREMENTS IN PIEZOMETRIC WELLS

*Davlatshoev S.K., Amirzoda M.Kh., Mirzoeva B.M.*

**Abstract:** In the formation of a seepage flow at the base of structures, special attention should be paid to the study of the interaction of seepage water from the reservoir with ground-water and soluble base rocks. The interaction of the filtration flow with salt-bearing rocks of the bases is characterized by the dissolution of soluble rocks, and then by leaching (washing out of dissolved components). Concentrated filtration paths at the base of hydraulic structures mainly appear due to the presence of soluble rocks. Practice shows that the lack of monitoring by modern methods and means can lead to violations of the normal operation of the facility and the risk of emergencies.

**Key words:** dam, piezometric well, thermometer, heat meter, concentrated filtration, submersible probe, heat flows, monitoring, recorder.

**Сведения об авторах:** Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – к.т.н. заведующий лаборатории «Энергетика, ресурсо- и энергосбережения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, тел. (+992 919604041), Email salomatda@list.ru, Амирзода Махмуд Хамид – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, Email: mahmudamirov@mail.ru, Мирзоева Бунафша Мирзоевна – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, докторант PhD, Телефон: (+992) 203-11-11-66. Email: bunafshamir@gmail.com,

**Маълумот оиди муаллифон:** Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – н.и.т., мудири озмоишгоҳи «Энергетика, захира- ва энергиясарфанамои»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, тел. (+992 919604041), salomatda@list.ru, Амирзода Махмуди Хамид - довталаби Пажӯҳишгоҳи мушкилоти об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, mahmudamirov@mail.ru, Мирзоева Бунафша Мирзоевна – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, докторанти PhD, Телефон: (+992) 203-11-11-66. E-mail: bunafshamir@gmail.com.

**Information about authors:** Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich - Ph.D., Head. Laboratory of Energy Resources and Energy Saving of the Institute of Water Problems, Hydro-power and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, tel. (+992 919604041), salomatda@list.ru, Amirzoda Mahmud Hamid - Applicant for the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, NAST, mahmudamirov@mail.ru, Mirzoeva Bunafsha Mirzoevna – Institute of water problems, hydropower and ecology, doctoral student or PhD. Address: 734018, Republic of Tajikistan, Dushanbe city, st. N. Ganjavi 371/2 apt. 2. Phone: (+992) 203-11-11-66. Email: bunafshamir@gmail.com.

## ТАҲЛИЛИ РЕҶАҶОИ МУҚАРРАРИИ КОРИИ ГЕНЕРАТОРИ АСИНХРОНӢ БАРОИ ДАСТГОҶҶОИ ЭНЕРГЕТИКИИ БОДӢ

*Саидзода Х.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Чамолзода Б.С.  
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ*

*Аннотатсия.* Дар мақола усули нави таҳлили устувориҳои статикӣ генератори асинхронӣ барои дастгоҳҳои энергетикӣ бодӣ бо истифода аз конденсаторҳои худангезиши пешниҳод карда шуд. Илова бар ин тартиби таҳлилі ва барномаи компютери мувофиқ пешниҳод карда шуд. Инчунин дар мақола таҳлили устувориҳои динамикӣ генератори асинхронӣ бо истифода аз барномаи комплекси Matlab/Simulink пешниҳод гардидааст. Таъсири тағйирёбии бори индуктивӣ ба хусусиятҳои генератори асинхронӣ зери санҷиши қарор дода шудааст.

*Калидвожаҳо:* генератори асинхронӣ, реҷаи муқарраршуда, ҳолати статсионарӣ, моделиронӣ, дастгоҳи энергетикӣ бодӣ.

Муқаддима. Дар айни замон, таваҷҷӯҳ ба истифодаи энергияи барқароршаванда ва аз ҷиҳати экологӣ тоза ба таври назаррас афзоиш ёфтааст. Рушди бо-суръати дастгоҳҳои энергетикӣ бодии (ДЭБ) хурду миёна ва тақмили технологияҳои нав ба рушди пуршиддати онҳо мусоидат менамояд. Ба тадқиқот, таҳлил, системаи идоракунӣ ва мушкилоти устувориҳои генератори асинхронӣ барои ДЭБ корҳои зиёде бахшида шудаанд [1, 2-3]. Агар батареяи конденсатории сефазаи мувофиқ тавассути исканҷаҳои мошинаи асинхронӣ бо ангезиши беруна пайваस्त карда шавад, одатан ҚЭҶ ҳосил карда мешавад. Ин падида ҳамчун худангезиши генератори асинхронӣ (ГА) маълум аст. ҚЭҶ ва ҷараёни дар печҳо ба вучуд омада то сатҳи муайянкардаи сершавии магнитӣ дар мошин зиёд мешаванд. Конденсаторҳо магнитнокшавии  $X_m$ -ро таъмин мекунанд ва дар сурати борбардорӣ захираи қувваи беруна, инчунин бори реактивиро талаб мекунанд. Бо мақсади расидан ба реҷаи ташаккули ҳолати статсионарӣ, дар лангари мошини асинхронӣ аввал бояд ҷараёни магнитии боқимондаи  $E_m$  [4,5] мавҷуд бошад. Генератори асинхронӣ бо конденсаторҳои худанге-

зишбанди нисбат ба генератори муқаррарии синхронӣ ҳамчун манбаи барқии алоҳидашуда бартарихи муайян доранд [6,7-9]. Аз ин рӯ, ҳам аз нуқтаи назари лоиҳасозӣ ва ҳам аз нуқтаи назари истифодабарӣ, таҳлили раванди статсионарии генератори асинхронӣ худангезишбанди (ГАХ) таваҷҷӯҳи зиёд дорад [10,11].

Таҳлили устувориҳои статикӣ генератори асинхронӣ

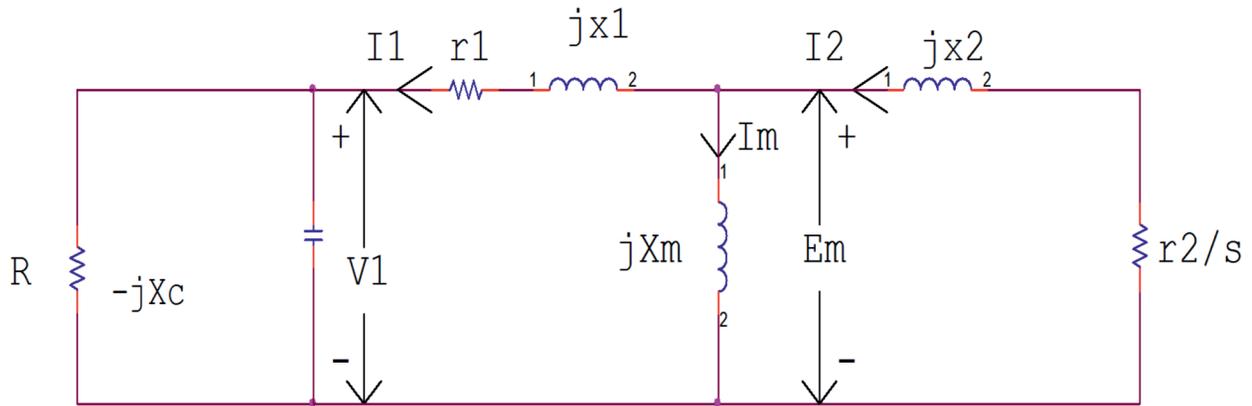
Барои таҳлил фарзияҳои зеринро қабул мекунем:

1. Ҷамаи параметрҳои эквивалентии схема, ба истиснои муқовимати реактивии магнитнокунӣ, доимӣ ҳисобида мешаванд (тахмин зада мешавад, ки танҳо муқовимати реактивии магнитӣ бо сершавии тақвият дода мешавад).

2. Талафотҳои асосии мошини электрикӣ ба инобат намегирем.

3. Гармоникҳои фазой ва гармоникҳои вақт дар сигналҳои шиддат ва ҷараёни индуксионӣ сарфи назар карда мешаванд.

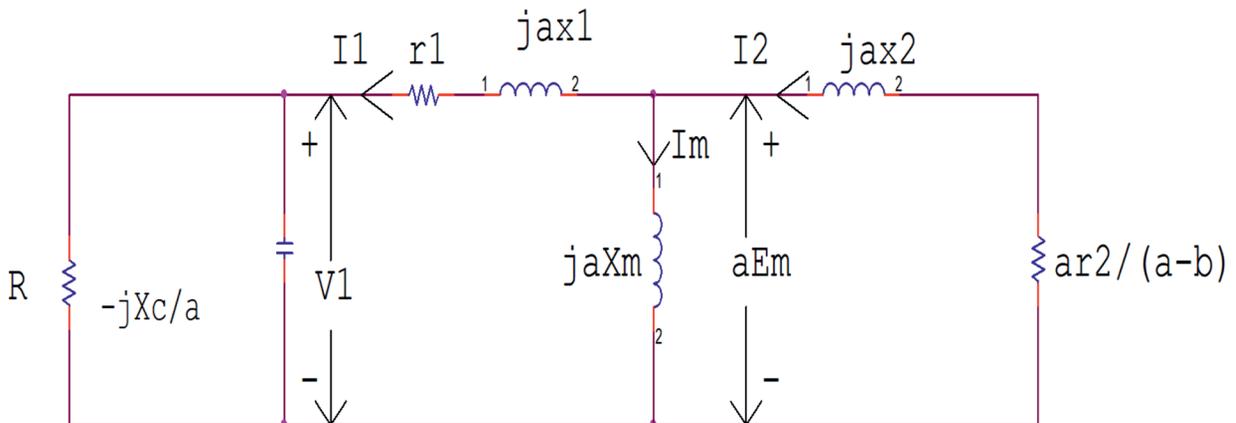
Схемаи эквивалентии ҳолати статсионарии генератори асинхронии худангезишбанди конденсатордор бо бори электрикӣ дар расми 1 оварда шудааст.



Расми 1. Схекаи эквиваленти якфазаи амалиетӣ

Барои суръати додашуда, муковимати ғунҷоишӣ ва муковимати бор ҳамаи параметрҳо маълум мебошанд, ба ғайр аз реактивиҳои шоҳаи магнитсозии  $X_m$  ва

басомад. Барои муайян кардани ин ду параметр схемаи эквивалентии дар расми 2 овардашуда истифода бурда мешавад.



Расми 2. Схекаи ивазши эквивалентии генератори асинхрони бо бори электрикӣ

Барои ин схема параметрҳои зеринро ворид мекунем:

$$a = \frac{f}{f_B}, \quad b = \frac{\omega}{\omega_B}, \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $f$  - басомади воқеӣ; - басомади номиналӣ; - басомади воқеии даврзанӣ; - басомади номиналии даврзанӣ.

Муодилаи контури схемаи дар расми 2 овардашударо тибқи қонуни Кирхгоф дар шакли зерин менависем:

$$\left( \frac{r_2}{a-b} + x_2 \right) (X_m) \frac{r_2}{a-b} + x_2 + X_m + \frac{r_1}{a} + \frac{RX_c}{a(aR + X_c)} = 0 \quad (2)$$

Ҳисобкунии муодилаи (2) дар функсияи басомади нисбии  $a$ , дар шакли зерин оварда мешавад:

$$k_3 a^3 + k_2 a^2 + k_1 a + k_0 = 0 \quad (3)$$

дар ин ҷо  $k_3, k_2, k_1$  ва  $k_0$  - зарбҳои, ки аз параметрҳои мошин, ғунҷоиш, суръат ва муковимати бори электрикӣ вобастагӣ дошта, бо тартиби зерин муайян карда мешаванд:

$$\begin{aligned} K_3 &= x_1 \cdot x_2 + (x_1 + x_2) \cdot X_m; \\ K_2 &= ((x_1 + X_m) \cdot r_2 + x_2 \cdot X_m / R + (X_m + x_2)(r_1 + x_1 \cdot X_c / R)) - jb((x_1 + X_m)x_2 + x_1 \cdot X_m); \\ K_1 &= ((x_1 + X_m) \cdot r_2 \cdot x_c / R + r_1 \cdot r_2 + (x_2 + X_m) \cdot (1 + r_1 / R) \cdot X_c) - jb((x_2 + X_m) \cdot r_1 + (x_1 + X_m) \cdot X_c \cdot x_2 / R + X_m \cdot X_c \cdot x_1 / R); \\ K_0 &= ((1 + r_1 / R) \cdot X_c \cdot r_2) - jb \cdot ((x_2 + X_m) \cdot (1 + r_1) \cdot X_c); \end{aligned}$$

Муодилаи (3)-ро ҳал карда, дар натиҷаи се муодилаи мураккаби зерин ҳосил мешаванд:

Муодилаи (3)-ро ҳал карда, дар натиҷаи се муодилаи мураккаби зерин ҳосил мешаванд:

$$a_1 = m_1 + jn_1, \quad a_2 = m_2 + jn_2, \quad a_3 = m_3 + jn_3$$

Дар ҳолати ягон решаи муодилаи (3) дорои қисми воқеии мусбӣ дошта бошад, худангезиш ба амал меояд.

Барои суръати додашудаи ( $b$ ) ва муқовимати боркунии ( $R$ ), бузургии ҳадди ақал ё интиқодии ғунҷоиши ( $C$ ) вучуд дорад, ки қисми воқеии яке аз решаҳои муодилаи (3) -ро мусбат мекунад. Худангезиши генератор дар ин ҳолат бо бузургии  $C$  аз чунин ҳадди ақал нигоҳ дошта мешавад. Дар асл, арзиши муҳими  $C$  танҳо қисми воқеии решаи сифрро ташкил медиҳад. Акнун вазъиятро бо суръати доимӣ дида мебароем, ки дар он иқтидор аз арзиши муҳим баландтар пайваस्त карда шудааст. Қисми воқеии яке аз решаҳои муодилаи (3) аз сифр калонтар хоҳад буд. Ду решаи боқимондаи муодилаҳо қисмҳои воқеии манфии калон доранд, ки ҷузъҳои ҷараёнро нишон медиҳанд, ки зуд нопадид мешаванд. Ин ду реша дар квадрантҳои дуҷум ва сеҷум ҷойгиранд.

Дар робита ба худангезиши генератор, шиддат дар терминалҳои  $V_t$  афзоиш меёбад. Сипас, роҳи асосии сели магнитӣ дар мошин сер мешавад ва муқовимати реактивии магнитнокшавандаи самаранокӣ  $X_m$  кам мешавад. Бо кам шудани  $X_m$ , миқдори қисми мусбати воқеии решаи муодила (ки мусбат аст) низ кам мешавад ва дар ниҳоят барои арзиши мушаххаси  $X_m$  ба сифр мерасад. Шиддати статор то он даме, ки қисми воқеии ин реша мусбат аст, афзоиш меёбад. Афзоиши шиддат вақте қатъ мешавад, ки қисми воқеӣ ба сифр баробар шавад ва генератор дар ҳолати корӣ бошад.

Ба сифати тасвири рақамӣ дар ҷадвали 1 решаҳои  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  муодилаи (3) оварда шудаанд, ки бо истифода аз параметрҳои мошини асинхронӣ ҳисоб карда шудаанд барои  $X_c = 40$  Ом,  $b = 1$ ,  $R = 400$  Ом ва бузургиҳои гуногуни  $X_m$ . Муқовимати

реактивии магнитнокшавӣ тадричан аз арзиши нопурра кам мешавад. Маълум аст, ки танҳо решаи  $a_1$  қисми мусбати воқеӣ дорад. Решаҳои  $a_2$  ва  $a_3$  тақрибӣ комплексӣ мебошанд ва аз тағйирёбии  $X_m$  чандон вобастагӣ надоранд. Тавре ки аллакай қайд карда шуд, қисмҳои калони манфии моддӣ ташкилдихандаҳои ҷориро ифода мекунанд, ки зуд нопадид мешаванд ва аз ин рӯ дар амалиёти ҳолати устувор танҳо нақши ночиз доранд. Қисми мусбати воқеӣ бо коҳиши  $X_m$  тадричан коҳиш меёбад ва барои  $X_m = 36,7$  Ом ба сифр мерасад. Барои ин бузургии  $X_m$ , қисми ҳаёлии реша, яъне 0,9906, ҳолати статсионарии басомади  $a$  мебошад.

Раванди физикӣ, ки ба воситаи он ҳолати муқарраршуда тавассути сершавии магнитӣ ба даст оварда мешавад, тартиби ҳисобкуниро дар назар дорад, ки тибқи он таҳлили равандҳои гузаранда лозим намешавад. Ин тартиб аз қадамҳои зерин иборат аст:

1. Решаҳои бисёрҷонибаи муодилаи (3) - ро барои хусусиятҳои додашудаи мошини  $X_c$ , суръат ва муқовимати пурраи бори электрикӣ муайян карда мешаванд. Дар аввал  $X_m$  ҳамчун мутобиқат ба шартҳои сернашуда қабул карда мешавад.

2. Решаҳои бузургиҳои  $X_m$ , ки бо қадамҳои мувофиқ аз бузургии нопурра (ченшуда) кам мешаванд, номбар карда шаванд

3. Бузургии  $X_m$  -ро муайян карда шаванд, ки қисми воқеии решаи сифрро ташкил медиҳад.

Бояд қайд кард, ки  $a < b$ , лағжиш ҳамеша манфӣ аст, ба монанди кори генератор. Бо муайян намудани  $a$  ва  $X_m$  дар ҳолати муқарраршуда, қадами оянда ҳисоб кардани шиддат дар терминалҳои  $V_t$  мебошад (расми 2). Маълумоти заруриро тавассути таҷрибавӣ ба воситаи идоракунии мошини асинхронӣ бо суръати синхронӣ, ки ба суръати хаттӣ мувофиқат мекунад, яъне  $b = 1$  ва чен кардани муқовимати реактивии магнитнокшавӣ барои

шиддатҳои гуногуни вуруд барои басома-ти хат ба даст овардан мумкин аст. Кач-хати вобастагии  $Vt/a$  аз  $Xm$  метавонад бо истифода аз натиҷаҳои таҷрибавӣ сохта шавад.

**Алгоритми компютерӣ**

Барои таҳияи алгоритми компютерӣ бо мақсади муайян намудани устувории ҳолат бо истифода аз усулҳои дар қисми 2 тавсифшуда, беҳтар аст, ки барнома ё зербарнома решаҳои бисёрҷонибаро бо зарифҳои комплексӣ ҳисоб кунад ва ин-чунин ба хаткаҷе мувофиқат кунад, ки тағйиребии  $Xm$  -ро аз шиддатҳои гуно-гуни воридотӣ дар басомади хат нишон медиҳад. Ин хаткаҷ бояд бо истифода аз мушоҳидаҳои таҷрибавӣ (суръати син-хронӣ) муқаррар карда шавад. Дар ин бахш барномаи умумии компютерӣ овар-

да шудааст, ки шиддати баромад, басо-мад, тавоноӣ, самаранокӣ ва ғайраро ҳи-соб мекунад. Барнома метавонад барои муайян кардани хусусиятҳои кори ҳола-ти статсионарии генератори асинхронӣ бо худангезиш истифода шавад. Масалан, омӯзиши тағйиребии шиддати баромад ва басомад бо муқовимати бор барои  $C$  ва  $b$ -и додашуда барои арзёбии танзими шиддат ва басомад метавонад ҳамчун як ҳолати махсус ҷолиб бошад. Барномаи умумиро барои ин мақсад танҳо тавас-сути тағйир додани муқовимати бор дар диапазони муайян ва номбар кардани шиддат ва басомади баромад барои ҳар як бузургии муқовимати бор истифода бурдан мумкин аст.

Блок-схемаи барномаи компютерӣ дар расми 3 оварда шудааст.



Расми 3. Блок-схемаи барномаи компютерӣ барои муайян кардани устувории ҳолати генератори асинхронӣ

Устуворию мошин аз бузургиҳои ин решаҳо вобастагӣ дорад. Таҳлил нишон медиҳад, ки агар  $m$  ҳамеша манфӣ бошад, пас реша рад карда мешавад ва одатан ду тои онҳо манфӣ мебошанд. Решаи боқимонда дорой  $m$  бо яке аз се ҳолат, манфӣ, сифрӣ ё мусбӣ аст. Агар  $m$  ба сифр баро-

бар бошад, мошин устувор аст. Арзиши сифрӣ  $m$  нуқтаи корию статсионарию муайян мекунад, ки дар поёни он генератор ноустувор мешавад. Барои қонеъ кардани худангезиш ва кори устувор, ғунҷоиши мувофиқро интихоб кардан лозим аст, ки ҳамеша аз сифр калонтар бошад.

Ҷадвали 1

$X_m$ [ $\Omega$ ]	a3 Real	Imag.	a2 Real	Imag	a1 Real	Imag
120	0,0826	0,9828	-0,352	2,949	-0,174	-2,932
100	0,0779	0,9709	-0,603	2,950	-0,301	-2,911
80	0,0730	0,9720	-0,601	2,957	-0,300	-2,929
60	0,0650	0,9738	-0,598	2,969	-0,299	-2,943
40	0,0499	0,9770	-0,592	2,991	-0,297	-2,968
20	-0,0513	0,9949	-0,577	3,054	-0,293	-3,039
36,7	0,0000	0,9906	-0,323	2,106	-0,219	-2,096

Решаҳои муодилаҳои хусусиятноқ (3) барои бузургиҳои гуногуни  $X_m$  ва  $X_c = 40 \Omega$ ,  $b = 1$ ,  $R = 400 \Omega$ .

#### Таҳлили динамикии генератори асинхронӣ

Таҳлили устуворию динамикӣ одатан бо роҳи табдил додани системаи сефаза ба системаи дуфаза (тағйири d-q) бо истифода аз модели Парка – Горева ба даст оварда мешавад: Печакҳои сефаза симметрӣ буда, бетарафаки он оиқ карда шудааст. Таксимоти ҚЭХ дар холигии ҳаво сину-

соидалий аст, таъсири сатҳӣ, талафоти магнитӣ ва таъсири пазҳо (тағйирёбии муқовимати магнитии холигии ҳаво) ба инобат гирифта намешаванд. Схемаи муодили d-q генератори асинхронӣ худангезандаи сефаза, ки ба бори индуктивӣ пайваस्त шудааст, дар расми 4 оварда шудааст.

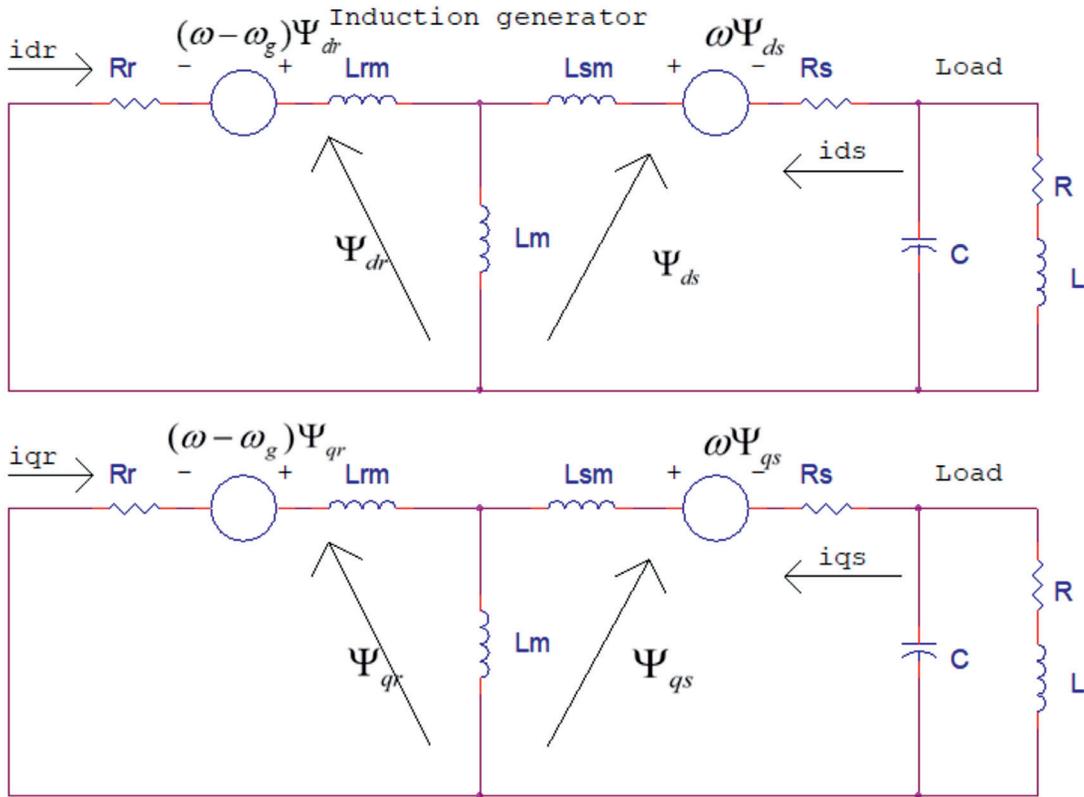
Ҳангоми худангезиш шиддат ва ҷараёнҳои фаврӣ метавонанд чунин навишта шаванд [16]:

$$\begin{aligned}
 p i_{qs} &= L_m K (v_{qr} + \omega L_m i_{ds} - R_r i_{qr} + \omega L_r i_{dr}) - L_r K (v_{qs} - R_s i_{qs} - v_{Lq}) \\
 p i_{ds} &= L_m K (v_{dr} + \omega L_m i_{qs} - R_r i_{dr} + \omega L_r i_{qr}) - L_r K (v_{ds} - R_s i_{ds} - v_{Ld}) \\
 p i_{qr} &= L_m K (v_{qs} - R_s i_{qs} - v_{Lq}) - L_s K (v_{qr} + \omega L_m i_{ds} - R_r i_{qr} + \omega L_r i_{dr}) \\
 p i_{dr} &= L_m K (v_{ds} - R_s i_{ds} - v_{Ld}) - L_s K (v_{dr} + \omega L_m i_{qs} - R_r i_{dr} + \omega L_r i_{qr})
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{дар ин ҷо } K = \frac{1}{L_m^2 - L_s L_r}$$

$R_s$  ва  $L_s$  муқовимат ва индуксия парокандагии статор мебошанд;  $R_r$  ва муқовимат ва индуксия парокандагии ротор мебошанд;  $L_m$  индуксия контури асосии магнитнокшавӣ;  $\Psi_{dr}, \Psi_{ds}, \Psi_{qr}, \Psi_{qs}$  проексияи вектори ҷараёни статор ва ротор дар

меҳвар  $d$  ва  $q$ ;  $\omega$  - суръати гардиши ротор;  $i_{ds}, i_{qs}, i_{dr}, i_{qr}$  проексияи вектори ҷараён статор ва ротор дар меҳвар  $d$  ва  $q$ ;  $v_{ds}, v_{qs}, v_{Ld}, v_{Lq}$ , проексияи вектори шиддати статор ва шиддати сарборӣ дар меҳвар  $d$  ва  $q$ .



Расми 4. Модели генератори асинхронӣ худангезандаи сефаза  $d$ - $q$ , ки ба бори индуктивӣ пайваस्त шудааст.

Ҷараёни магнитнокшавӣ бояд дар ҳар як қадами ҳамгирӣ аз нуқтаи назари статор ва ротор ҳисоб карда шавад  $d$ - $q$  ҷараён чунин ҳисоб карда мешавад:

$$I_m = \sqrt{[(i_{ds} + i_{dr})^2 + (i_{qs} + i_{qr})^2]} \quad (5)$$

$$L_m = 0.35198 - 0.0027i_m - 0.0086i_m^2 + 0.0006i_m^3 \quad (6)$$

Муодилаи электромагнитии моменти даврзанӣ бо истифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$T_{em} = 0.75L_m P (i_{ds}i_{qr} - i_{qs}i_{dr}) \quad (7)$$

дар ин ҷо  $P$  – адади кутбҳо,  $R$  и  $L$  - муқовимат ва индуктивияти бор.

### Моделсозии генератори асинхронӣ дар барномаи Simulink

Барои муҳокимаи дурустии натиҷаҳои назариявӣ дар боло тавсифшуда ва ҳисобҳо як қатор таҷрибаҳо бо истифода аз ҳолатҳои зерин гузаронида шудаанд:

- Муҳаррики стандартии сефазаи асинхронӣ  $P_H = 1500$  Вт.  $U_H = 380$  В,  $F = 50$  Гц,  $I_H = 3,6$  А,  $n = 1440$  гард/дақ.

- Муҳаррики алоҳидаи ангезонидашудаи ҷараёни доимӣ (ҳамчун муҳаррики ибтидоӣ истифода мешавад) бо параметрҳои номиналии зерин;  $P_H = 1500$  Вт;  $U_H = 220$  В;  $I_H = 7,9$  А;  $n = 1400/1800$  гард/дақ; ангезиш  $U_B = 115$  В;  $I_B = 0,65$  А.

- Блоки ғунҷоишии борӣ: 3 кВар, 220 В, 50 Гц.

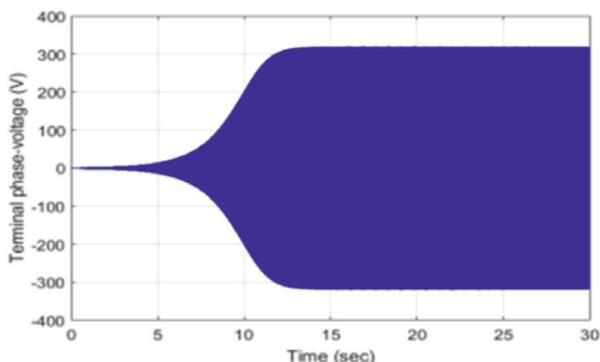
- Конденсатори тағйирёбанда аз 1 мкФ то 20 мкФ: 300 В, 50 Гц.

- Блоки муқовиматии борӣ: 3 кВт, 220 В.

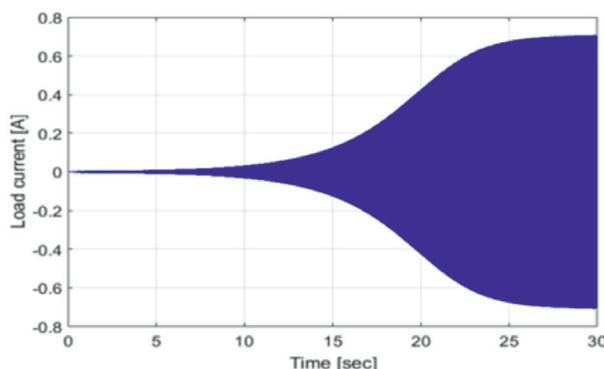
Дар ҳолати муқаррарӣ, таҷрибаи дар шиддати доимӣ муқовимати печаки статори  $r_1$  - ро муайян мекунад, дар ҳоле ки таҷрибаи расиши кутоҳ параметрҳои зеринро таъмин мекунад:  $x_1$ ,  $x_2$  и  $r_2$ , таҷрибаи гашти холӣ барои муайян кардани муқовимати реактиви магнитнокшавии

$X_M$  ва  $E_M$  -ҚЭХ, ки дар марҳилаҳои печаки статор ба вуҷуд омадааст ва ба печаки ротор оварда шудааст. Бузургии рақамии бадастомада,  $r_1=r_2=2$  Ом,  $x_1=x_2=4.8$  Ом буданд. Натиҷаҳои ин озмоишҳо дар ҷадвали 2 оварда шудаанд.

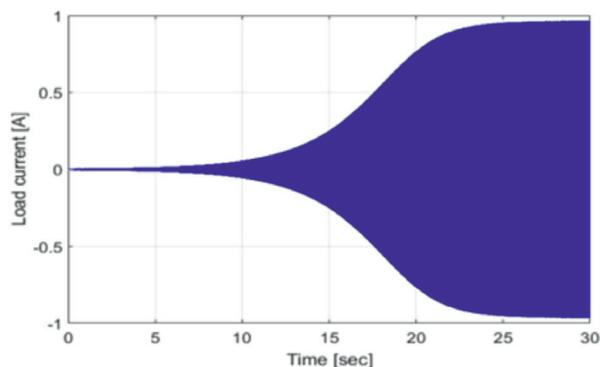
Моделкунонии Simulink ва хусусиятҳои динамикии генератори асинхронии интихобшуда дар расмҳои 5-10 оварда шудаанд.



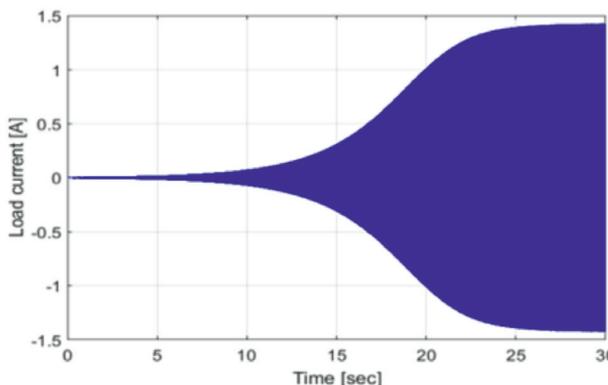
Расми 5. Ташакулёбии шиддати фазаи ГА



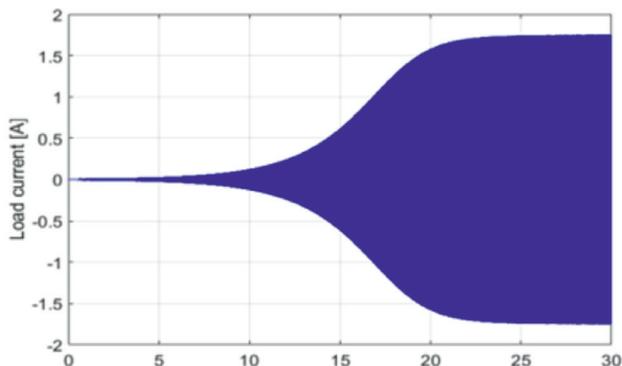
Расми 6. Ҷараён барои борӣ индуктивӣ  
 $R = 400 \Omega$   $L = 5\text{мГн}$



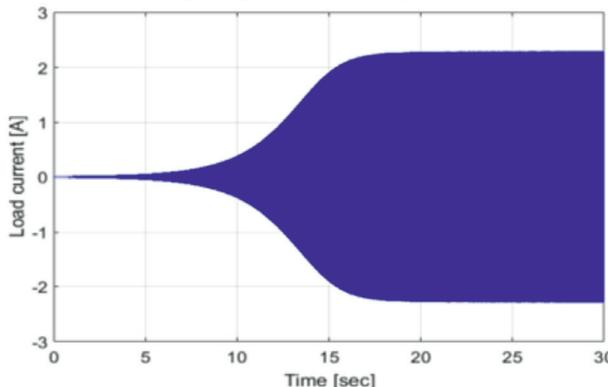
Расми 7. Ҷараён барои борӣ индуктивӣ  
 $R = 300 \Omega$   $L = 5\text{мГн}$



Расми 8. Ҷараён барои борӣ индуктивӣ  
 $R = 200 \Omega$   $L = 5\text{мГн}$



Расми 9. Ҷараён барои борӣ индуктивӣ  
 $R = 167 \Omega$   $L = 5\text{мГн}$



Расми 10. Ҷараён барои борӣ индуктивӣ  
 $R = 134 \Omega$   $L = 5\text{мГн}$

Решачои муодилаи хоси (3) барои бузургиҳои гуногуни $X_s$ и $X_m$ , $b = 1$ , $R = 400 \Omega$ .							
$X_s$ , [ $\Omega$ ]	$X_m$ , [ $\Omega$ ]	$a_3$ Real	Imag.	$a_2$ Real	Imag	$a_1$ Real	Imag
106	101,5	0,000	0,999	-0,244	3,355	-0,191	-3,355
80	77,5	0,000	0,993	-0,350	2,933	-0,278	-2,926
64	61,2	0,000	0,993	-0,337	2,633	-0,258	-2,626
40	36,7	0,000	0,990	-0,323	2,106	-0,219	-2,096

Натиҷаҳои таҷрибаҳои борӣ бо ғунҷоишҳои гуногун, ( $V_t = 410V$ , $n = 1500$ об / мин).								
RL, [ $\Omega$ ]	C, $\mu F$	f, Гц	$i_L$ , A	Pin, Вт	Vdc, В	$I_a(dc)$ , A	$I_a(ac)$ , A	$I_c$ , A
400,00	31,0	49,7	0,50	600	190	2,45	1,85	2,15
300,00	32,5	49,5	0,70	700	190	3,10	2,15	2,25
200,00	33,5	49,5	1,10	900	190	4,40	2,50	2,35
166,67	35,7	49,3	1,35	1200	190	5,30	2,70	2,40
133,34	40,5	49	1,70	1300	195	6,60	2,80	2,55

### Хулосаҳо

Дар қори мазкур алгоритми махсус барои таҳлили тавсифоти устувориҳои статикӣ генератори асинхронии худангезанда дар барномаи комплекси компютерӣ таҳия карда шуд. Тавсифоти амалиётӣ бо сериҳои магнитӣ дар генератори асинхронӣ танзим карда мешаванд. Сериҳои магнитӣ бо истифодаи маълумоти таҷрибавӣ дохил карда шуд, ки ба тағйирёбии муқовимати реактивии магнитнокшавӣ ишора мекунад. Схемаи эквивалентии амалиётӣ генератори асинхронӣ дар таҳлил барои муайян кардани речаи худангезиши ҳолати статикӣ, ки бо шартҳои пайдо кардани яке аз решаҳои муодилаи хусусиятӣ бо тири арзӣ ва тулии генератор хос аст, истифода шудааст.

### Рӯйхати адабиётҳо

1. Александрова Н. С. Масштабное внедрение ВИЭ – оценка "агитационных" сообщений с позиции целесообразности для энергетики России // Промышленная энергетика. 2017. № 5. С. 55–60.
2. Атрощенко В. А., Леухин В. В. К вопросу развития систем электроснабже-

ния с возобновляемыми источниками энергии // Промышленная энергетика. 2016. № 12. С. 50–52.

3. Стенников В. А., Жарков С.В., Постников И. В., Пеньковский А. В. Интегрированные схемы энергоснабжения на базе ТЭЦ и ВЭС // Промышленная энергетика. 2016. № 11. С.57–62.
4. K. Charafeddine, S. Tsyruk, K. Sangov. Automatic Voltage Regulation and Stability Analysis of Three-phase Self-excited Induction Generator for Wind Energy. IEEE -IT-DREPS Conference, Amman, Jordan Dec 6-8, 2017. pp.153-158.
5. Джендубаев А-З.Р. Исследование автономного асинхронного генератора с конденсаторным самовозбуждением и параллельным соединением обмоток статора и фазного ротора. // Электричество. 2005, № 12. - С. 44-49.
6. Кицис, С.И. Расчёты характеристик асинхронных самовозбуждающихся генераторов: учебное пособие / С.И. Кицис. – ТюмГНТУ, 2009. – 276 с.

7. Берзан, В.П. Методология проектирования самовозбуждающегося асинхронного генератора / В.П. Берзан, А.С. Бырладян, М.С. Тыршу // Проблемы региональной энергетики. – 2012 – № 1. – С. 35–43.
8. Ель Алами А., Кисилев М.Г. Силовой электронный регулятор напряжения асинхронного генератора ветроэнергетических установок. Электричество, 2016, №3, с. 43-47.
9. Коршунов, А.И. Исследование условий самовозбуждения асинхронного генератора / А.И. Коршунов // Электротехника. – 2015 – № 4. – С. 27–33.
10. Кицис, С. И. Расчёт стационарных режимов асинхронного генератора с обмоткой подмагничивания, присоединенной к выводам обмотки статора/ С. И. Кицис, Ф. М. Амброс // Электричество. – 1978. – № 5. – С. 28–31.
11. A.K. Tandom, and S.S. Murthy, Steady-State Analysis of Capacitor Self-Excited Induction Generator, IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS- 103, No. 3, March 1984.

## АНАЛИЗЫ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

*Саидзода Х.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Джамолзода Б.С.*

***Аннотация.** В статье представлен новый метод анализа статической устойчивости асинхронного генератора для ветроэнергетических установок с использованием конденсаторов самовозбуждения. Кроме того, были представлены аналитическая процедура и подходящая компьютерная программа. Также в статье представлен анализ динамической устойчивости асинхронного генератора с использованием программного комплекса Matlab/Simulink. Проверено влияние изменения индуктивной нагрузки на характеристики асинхронного генератора.*

***Ключевые слова:** асинхронный генератор, установившийся режим, стационарное состояние, моделирование, ветроэнергетическая установка.*

## ANALYSIS OF STEADY-STATE OPERATING MODES OF AN ASYNCHRONOUS GENERATOR FOR WIND POWER INSTALLATIONS

*Saidzoda H.S., Ismoilov F.O., Gulmurodzoda S.G., Jamolzoda B.S.*

***Annotation.** The article presents a new method for analyzing the static stability of an asynchronous generator for wind power plants using self-excitation capacitors. In addition, the analytical procedure and the appropriate computer program were presented. The article also presents an analysis of the dynamic stability of an asynchronous generator using the Matlab/Simulink software package. The effect of changing the inductive load on the characteristics of an asynchronous generator was tested.*

***Keywords:** asynchronous generator, steady state, stationary state, modeling, wind power plant.*

**Маълумот дар бораи муаллифҳо:** Саидзода Хушдил Саид – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротехника, номзади илмҳои техника. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротехника, номзади илмҳои техника. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, муаллими калона кафедраи электротехника, номзади илмҳои техника. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Чамолзода Бехрузи Саъдонхуҷа – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ,

и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Сведения об авторах:** Саидзода Хушдил Саид – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, старший преподаватель кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Джамолзода Бехрузи Саъдонхуджа – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Information about authors:** Saidzoda Khushdil Said – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Ismoilov Firdavs Olimshoevich – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Gulmurodzoda Sayyod Gulmurod – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, senior lecturer of the Department of Electrical Supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Jamolzoda Bekhruzi Sadonkhujja – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

УДК 621.313-57

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, СОДЕРЖАЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНУЮ НАГРУЗКУ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

*Джамолзода Б.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Саидзода Х.С.  
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими*

**Аннотация:** В статье приведены результаты разработки компьютерной модели сети электроснабжения промышленной предприятий для исследования провалов напряжения при самозапуске двигателей и обусловленных ненормальных режимов работы трансформаторной подстанции. Приводится описание компьютерной модели сети электроснабжения, принципы ввода параметров элементов модели и учет параметров двигательной нагрузки. Работа выполнено путем разработки модели в среде моделирующего комплекса для энергосистемы – PSCAD.

**Ключевые слова:** режим работы, трансформаторной подстанции, математическая модель, провалы напряжения, PSCAD.

**Введение.** Обеспечение надежной работы электростанции (ЭС) зависимости от создания надежной системы электроснабжения. При снижении напряжения в узлах с двигательной нагрузкой в более серьезных производственных установках необходимо гарантировать самозапуск мощных электродвигателей.

Для увеличения надежности работы систем электроснабжения с двигательной

нагрузкой и с поддержкой современных быстродействующих цифровых приборов релейной защиты и автоматики (РЗА) необходимо улучшать и делать новые способы расчета переходных процессов, позволяющие получать и оценить мгновенные значения рабочих параметров рассматриваемой сети [1, с.65].

В следствие этого актуальным считается применение современных средств

для разработки математических моделей сетей электроснабжения и анализировать мгновенных значений параметров сети, как в симметричных, так и несимметричных режимах, что позволяет оценить поведения двигательной нагрузки в всевозможных режимах, уточнить характеристики срабатывания устройств РЗА и тем самым увеличить надежность системы электроснабжения с двигательной нагрузкой.

К основным видам повреждений и ненормальных режимов работы трансформатора относятся: междуфазные короткие замыкания (КЗ) на стороне ВН трансформатора; междуфазные КЗ на стороне НН трансформатора; однофазные КЗ на стороне НН трансформатора; витковые замыкания; сверхтоки при перегрузках и однофазные замыкания на землю (на корпус) на стороне ВН трансформатора.

Однофазные короткие замыкания (ОКЗ) являются наиболее частыми повреждениями в системах электроснабжения промышленных предприятий, доходя до 70–80% от числа общих повреждений. Для исследования процессов самозапуска асинхронных двигателей (АД) в условиях трехфазного короткого замыкания создается возмущения со стороны питающей сети или в соседних присоединениях [2, с.65; 6 с.45].

Для выявления особенностей электро-механических переходных процессов в узлах содержащих двигательной нагрузкой рассмотрена типовая схема сети электроснабжения, рис. 1. Компьютерная модель создана для системы электроснабжения напряжением 10 кВ, которая получает питание от энергосистемы через трансформаторной подстанции напряжением 110/10 кВ.

Согласно [4, с.512; 5 с.25] возникновение провалов и прерываний напряжения в системах электроснабжения могут быть вызваны следующими событиями:

– короткое замыкание в питающих сетях высокого напряжения и повторное включение от АПВ во внешней части системы электроснабжения;

– короткое замыкание в параллельной ветви 10-0,4 кВ;

– короткое замыкание в сетях 10-0,4 кВ и переходе на питание от резервных источников после АВР во внутренней части системы электроснабжения;

– отключение в системе электроснабжения из-за ошибок персонала с АПВ или АВР;

– ложное срабатывание устройств РЗА с АПВ или АВР;

– отключение в системе электроснабжения из-за плановых переключений и действия АВР;

–реализация управляющих воздействия противоаварийной автоматики.

Исследования в данной работе выполнены на основе компонентного моделирования в среде программного комплекса PSCAD [3; 8; 9 с.10].

Исходные данные и описание компьютерной модели

Исходная схема. В качестве исходной схемы для моделирования принято использовать типовая схема электроснабжения. Принципиальная схема сети электроснабжения и фрагмент собранной модели приведены на рис. 1 и рис. 3. [10, с.341]

Использованные исходные данные при моделировании приведены в табл. 1.

Параметры модели. В разработанной модели используется стандартные компоненты из библиотека программы. Параметры, приведённые в табл. 1. вводятся в компонентах Three-Phase Voltage Source Model 1, Three-Phase Breaker, 3-Phase 2-Winding Transformer, Cable Interface, Three-Phase Fault, Fixed Load (1 and 3-Phase, LG) и модели устройство электро-двигателя – Wound Rotor Induction Machine.

Исходные данные		
№	Тип	Параметры
Линии		
W1	ААШВ-10-3х70	$U_H = 10 \text{ кВ}; L = 2,3 \text{ км}$
W2, W3	ААШВ-10-3х70	$U_H = 10 \text{ кВ}; L = 0,45 \text{ км}$
Трансформаторы		
T1	ТДН-10000/110/10	$U_H = 110/10 \text{ кВ}; S_H = 10 \text{ мВА}$
T2	ТМ-1000/0,4	$U_H = 10/0,4 \text{ кВ}; S_H = 1 \text{ мВА}$
Электродвигатели		
M1, M2	АОД-1600-4У1	$U_H = 10 \text{ кВ}; P_H = 1600 \text{ кВт}$

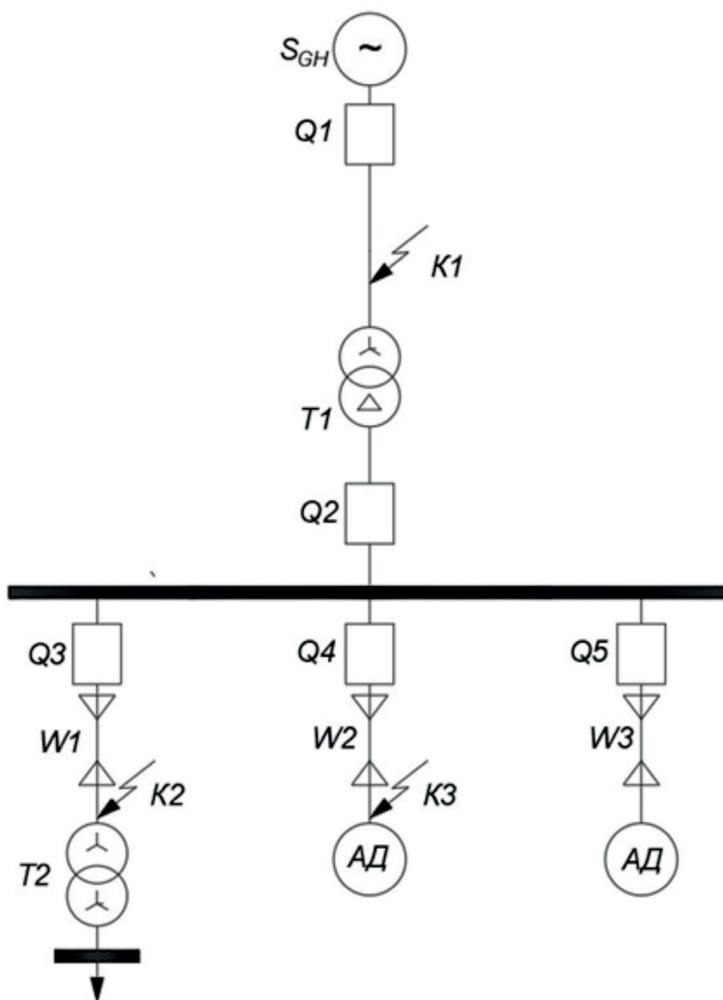


Рис. 1. Принципиальная схема сети электроснабжения

**Three-Phase Voltage Source Model 1.** Этот компонент моделирует источник трехфазного переменного напряжения с заданным сопротивлением источника и нулевой последовательности. Ветвь с сопротивлением нулевой последователь-

ности может быть добавлена непосредственно внутри компонента. Кроме того, этот компонент позволяет регулировать напряжение шины в удаленном месте сети или регулировать внутренний угол фазы

для управления выходной мощностью источника.

Этим источником можно управлять либо с помощью фиксированных внутренних параметров, либо с помощью переменных внешних сигналов. Внешние входы описываются следующим образом:

V: Междофазное, среднеквадратичное значение напряжения [кВ];

F: Частота [Гц];

Ph: Фазовый угол [°] или [рад].

**3-Phase 2-Winding Transformer.** Данный компонент моделирует трехфазный двухобмоточный трансформатор и основан на классическом подходе к моделированию.

Предусмотрены опции, позволяющие пользователю выбирать между ветвью намагничивания или процедурой подачи тока для моделирования характеристик намагничивания. При желании ветвь намагничивания можно вообще исключить, оставив трансформатор в «идеальном» режиме, где остается только реактивное сопротивление последовательной утечки.

Этот компонент эквивалентен трем однофазным двухобмоточным трансформаторам, соединенным в трехфазную группу, где пользователь может выбрать соединение обмоток по схеме Y или D с любой стороны. Междофазная связь не представлена в классических моделях трансформаторов. Необходимо отметить, что некоторые параметры трансформатора, такие как параметры намагничивания и регулирования трансформатора под нагрузкой не были учтены при моделировании в данной работе, так как они не были в задачах моделирования.

**Wound Rotor Induction Machine.** Данный компонент моделирует устройство и поведение асинхронного электродвигателя.

Обычно машина запускается в режиме управления скоростью, когда вход W установлен на номинальную скорость на единицу (0,98), а затем переключается на управление крутящим моментом после того, как начальные переходные процессы машины затухают (т. е. достигают устойчивого состояния). Этот компонент также можно использовать с многомассовым торсионным интерфейсом вала (механическая нагрузка на валу двигателя). Который в данной работе не рассматривается.

**Fixed Load (1 and 3-Phase, LG).** Особое внимание необходимо уделить модели нагрузки, так как ее параметры сильно влияют на режим работы сети электроснабжения. Диалоговое окно ввода параметров электрической нагрузки приведено на рис. 3. Этот компонент моделирует характеристики нагрузки как функцию величины напряжения и частоты, при этом активная и реактивная мощность нагрузки рассматриваются отдельно с использованием хорошо известных выражений:

$$P = P_o \left( \frac{V}{V_o} \right)^{NP} \cdot [1 + K_{PF} \cdot dF], \quad (1)$$

$$Q = Q_o \left( \frac{V}{V_o} \right)^{NQ} \cdot [1 + K_{QF} \cdot dF], \quad (2)$$

где, P, Q - эквивалентная активная и реактивная мощность нагрузки;

$P_o$ ,  $Q_o$  - номинальная активная и реактивная мощность на фазу;

$V_o$  - напряжение нагрузки;

NP - dP/dV индекс напряжения для активной мощности;

NQ - dQ/dV,  $K_{QF}$  - dQ/dF индексы напряжения и частоты для реактивной мощности.

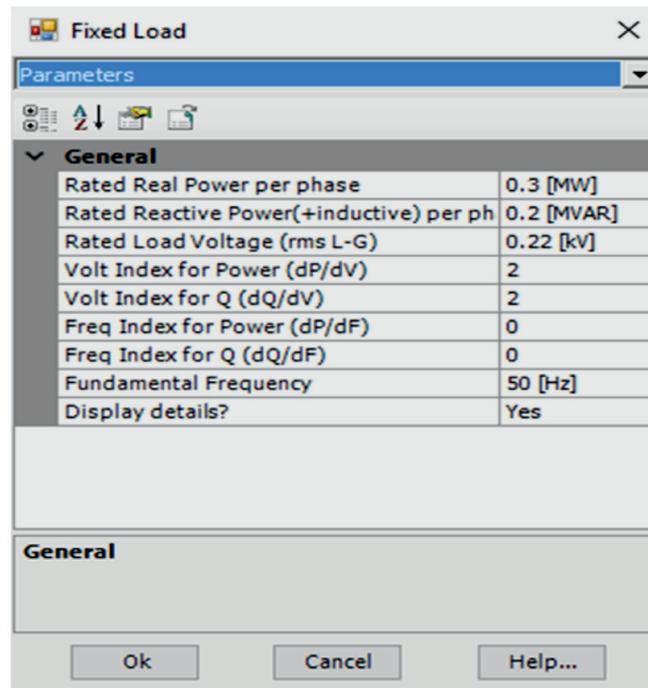


Рис. 3. Диалоговое окно ввода параметров нагрузки

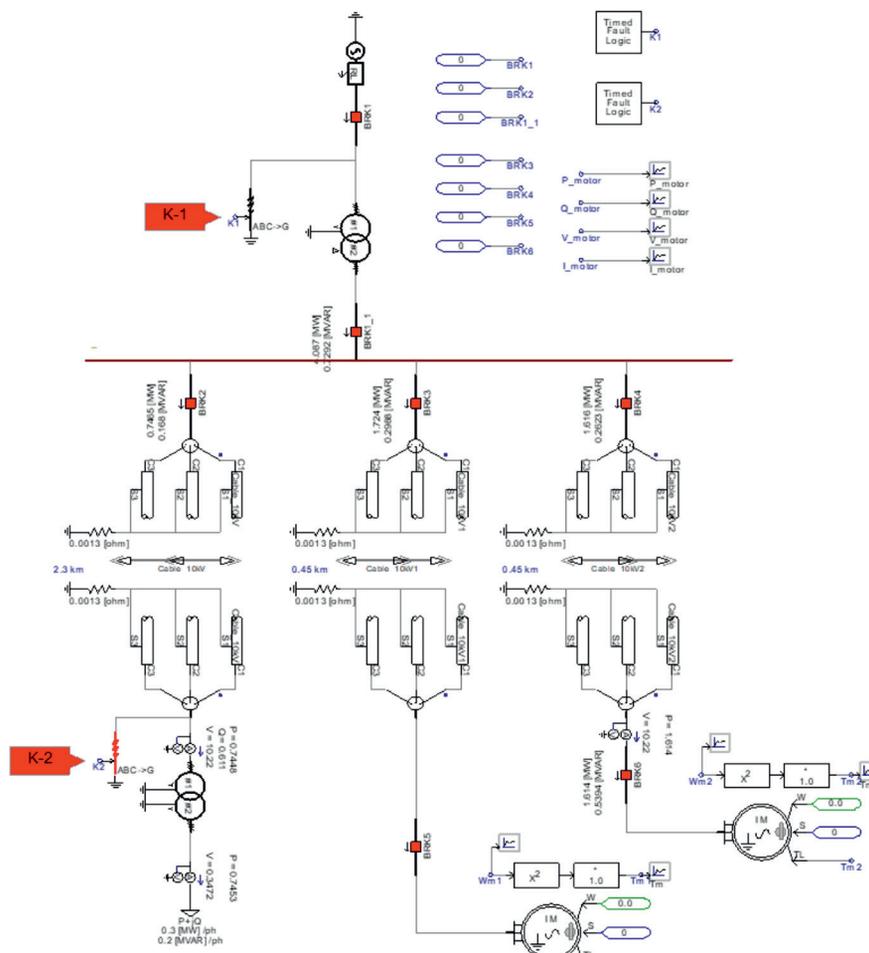


Рис. 2. Фрагмент модели сети электроснабжения (собранный по схеме, Приведенной на рис. 1)

### Моделирование и обсуждение результатов

Возмущение создается в 10-й секунды моделирования путем создания 3-х фазного короткого замыкания со стороны питающей сети длительностью 0,3 секунды с

повторного восстановления напряжения. Осциллограммы изменения параметров сети электроснабжения приведены на рисунках 4,5,6.

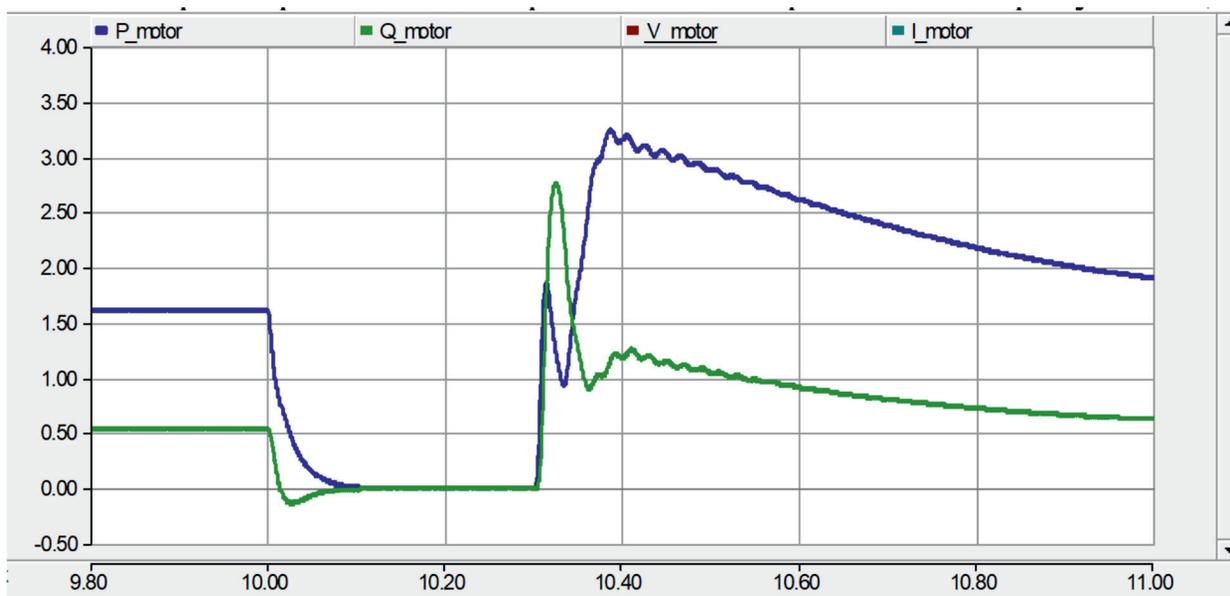


Рис. 4. Диаграммы изменения активной и реактивной мощности двигателя при КЗ на стороне питающей сети

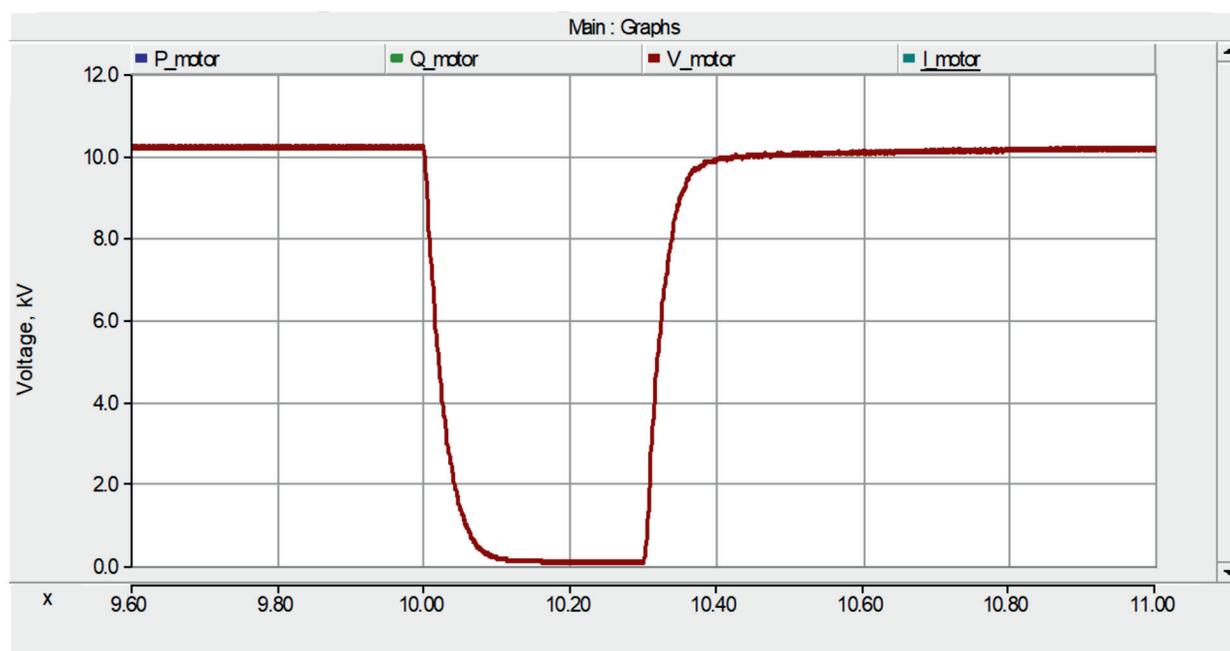


Рис. 5. Диаграммы изменения напряжения двигателя при КЗ на стороне питающей сети

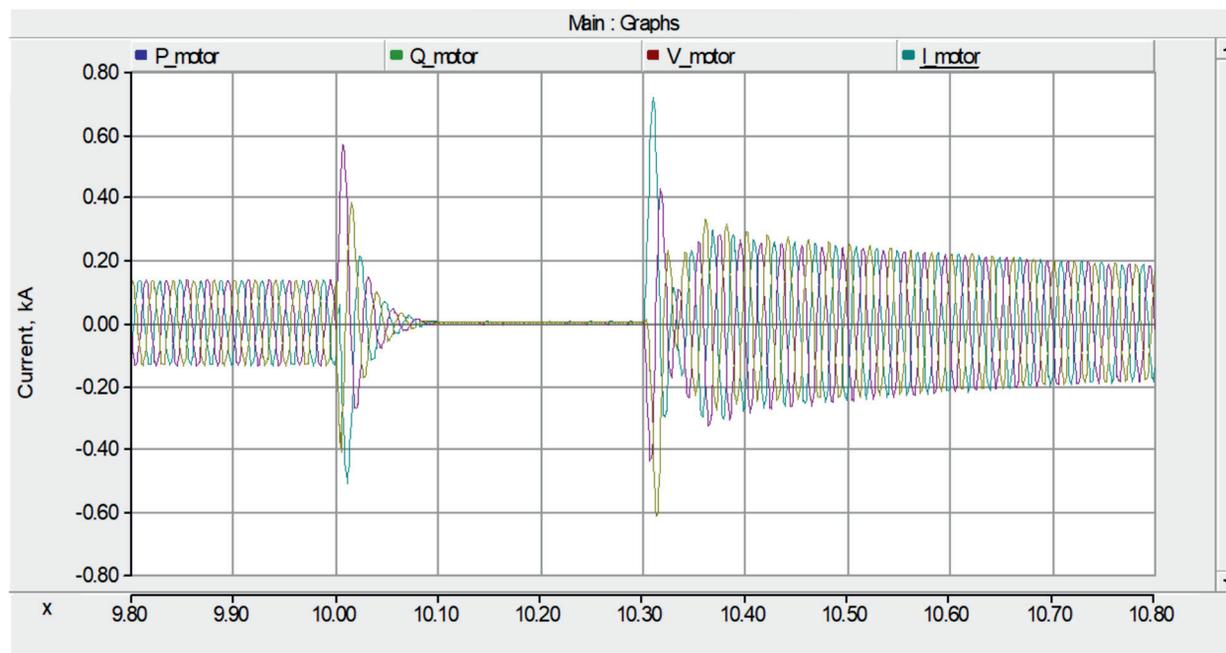


Рис. 6. Диаграммы изменения фазных токов двигателя при КЗ на стороне питающей сети

### Выводы

Асинхронные двигатели при провалах напряжения, обусловленных трехфазным коротким замыканием, возникающих со стороны питающей сети при быстром восстановлении напряжения могут продолжать работу, если не происходило отключение от собственных защит.

Применение данной модели целесообразно при выборе и настройке устройств релейной защиты и автоматики, а также при выборе элементов системы электроснабжения по работы электродвигателей, что позволит повысить надежность функционирования АД при кратковременных нарушениях электроснабжения в схеме электроснабжения.

### Литература

1. Захаров О.Г. Цифровые устройства релейной защиты электродвигателей. Алгоритмы и уставки (Часть 2). — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2012. — 82 с.
2. Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электро-снабжения: учебное пособие / С.Г. Обухов; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 84 с.
3. M.Bollen, E.Styvaktakis. Characterization of three-phase unbalanced dips (as easy as one-two- three?) // Power Engineering Society Summer Meeting, IEEE. 2000. №2. P. 889 – 904.
4. PSCADTMPower Systems Computer Aided Design. P. 513.
5. Гуров А. А., Сергунов Ю. А. Обоснование методики статистического исследования провалов напряжения в системах электроснабжения общего назначения. Энергобезопасность и энергосбережение, № 11 ((25)), 2009.
6. Кудрин Б. И., Цырук С. А. Техно-экономические основания науки об электрическом хозяйстве потребителей электротехнической продукции и электрической энергии и мощности. Монография. Вып. 56. "Экономические исследования". — М.: Технетика, 2015. — 293 с. ISBN 978-5-902926-34-4.
7. Применение ЭВМ для автоматизации технологических процессов в энергетике / М. А. Беркович, Г. А. Дорошенко, У. К. Курбангалиев и др.; Под ред.

- В. А. Семенова, – М.: Энергоатомиздат, 1983.
8. <https://studfile.net/preview/4241949/>
9. Муратаев И.А., Моделирование режимов работы электроэнергетических систем: учебное пособие / И.А. Муратаев [и др.] Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2019. - 94 с.
10. Семёнова М.Н., Семёнов А.С. Исследование системы электроснабжения методом структурного моделирования // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике : материалы 11-й Всерос. науч.-техн. конф. (Чебоксары, 7-9 июня 2018 г.). – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2018. – С. 341-344.

## МОДЕЛКУНОНИИ РАВАНДИ ЧЕНКУНИИ ПАРАМЕТРҲОИ ШАБАКАИ ЭЛЕКТРОТАЪМИНКУНӢ ДОРОИ БОРИ ЭЛЕКТРИКИИ МУҲАРРИКӢ ҲАНГОМИ РАСИШИ КӢТОҲ

*Чамолзода Б.С., Исмоилов Ф.О., Гулмуродзода С.Г., Саидзода Х.С.*

**Аннотатсия:** Дар мақола натиҷаҳои таҳияи модели компютери шабакаи таъминоти барқи корхонаҳои саноатӣ бо мақсади таҳқиқоти пастишавии шиддат ҳангоми худкоркунии муҳаррикҳо ва реҷаҳои ғайримуқаррарии қори зеристгоҳҳои трансформаторӣ оварда шудаанд. Таснифи модели компютери шабакаи таъминоти барқ, принципҳои ворид кардани параметрҳои элементҳои модел ва ба назар гирифтани параметрҳои бори электрикии муҳаррикӣ оварда шудаанд. Қор бо роҳи тартиб додани модел дар муҳити комплекси моделсозии системам энергетикӣ - PSCAD ба ҷо оварда шуд.

**Калидвожаҳо:** реҷаи қорӣ, зеристгоҳҳои трансформаторӣ, модели математикӣ, афтиши шиддат, PSCAD.

## MODELING PROCESSES OF CHANGING PARAMETERS OF A POWER SUPPLY NETWORK CONTAINING A MOTOR LOAD DURING A SHORT CIRCUITS

*Jamolzoda B.S., Ismoilov F.O., Gulmurodzoda S.G., Saidzoda Kh.S.*

**Annotation:** The article presents the results of the development of a computer model of the power supply network of industrial enterprises for the study of voltage dips during self-starting of induction machines and due to abnormal operating modes of a transformer substation. A description of the computer model of the power supply network, the principles of entering the parameters of the model elements and taking into account the parameters of the motor load are given. The work was carried out by developing a model with software for the power system simulation - PSCAD.

**Keywords:** operating mode, transformer substation, mathematical model, voltage dips, PSCAD.

**Сведения об авторах:** Саидзода Хушдил Саид – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, старший преподаватель кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Джамолзода Бехрузи Саъдонхуджа – Таджикский технический Университет имени академика М.С.

Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Саидзода Хушдил Саид – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, муаллими калона кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Чамолзода Бехрузи Саъдонхуҷа – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникӣ. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Information about authors:** Saidzoda Khushdil Said – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Ismoilov Firdavs Olimshoevich – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Gulmurodzoda Sayyod Gulmurod – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, senior lecturer of the Department of Electrical Supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Jamolzoda Bekhruzi Sadonkhujja – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

УДК.621. 311.001.57

## ПАЙВАСТКУНИИ ЯКФАЗАИ АВТОМАТИИ ТАКРОРӢ ДАР ХАТҲОИ ҲАВОИ БО ИСТИФОДАИ ШУНТ КАРДАНИ АФТОМАТИИ ФАЗАҲО

*Гулмуродзода С.Г., Исмоилов Ф.О., Саидзода Х.С., Чамолзода Б.С.  
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ*

**Аннотатсия:** Дар ин мақола масъалаҳои таҷрибаӣ пайвастуни якфазаи автомати тақрорӣ (ПЯАТ) бо истифодаи шунт кардани автомати фазаҳо (ШАФ) баррасӣ карда мешаванд. Дар асоси алгоритм шароити ҳомӯш кардани чараёни камонаки дуҷум (ЧҚД) ҳангоми ПЯАТ бо истифодаи ШАФ дар хатҳои ҳавоии 500 кВ ҳангоми бо дарозии онҳо 300 ва 500 км таҳлил карда мешавад. Одатан, дар хатҳои дароз транспазитсияи фазаҳо истифода мешавад, ки аз се қадами транспазитсия иборат мебошад. Ҳангоми баҳогузори шиддатҳои барқароршаванда (ШБ) ва ЧҚД чунин хатҳо одатан ба таври комил транспазитсия, яъне дорои симметрияи параметрҳои фазавӣ ва байнифазавӣ қабул карда мешаванд. Дар ин кор исбот карда мешавад, ки баҳисобгирии транспазитсияи воқеӣ ҳангоми баҳогузори самаранокӣ истифодаи (ПЯАТ) шартӣ ҳатмист. Шароити номусоид дар марҳилаҳои ба амал меояд, ки дар қадами миёнаи транспазитсия мавқеи шадидро ишғол мекунанд. Таъсири калонтарини истифодабарии (ПЯАТ) дар он аст, ки давомнокии таваққуф (0,5–1,0) сонияро ташиқил медиҳад.

**Калидвожаҳо:** пайвастуни якфазаи автомати тақрорӣ, шунт кардани автомати фазаҳо, расиши кӯтоҳи якфаза, чараёни камонаки дуҷум, транспазитсияи фазаҳо, шиддатҳои барқароршаванда, самаранокӣ истифодаи ПЯАТ.

МУҚАДДИМА. Дар интиқоли барқи масофаи дур аз кормони қариб пурра бо садамаҳои дар хати интиқол вобаста ба дарозии он муайян карда мешавад. Дар ин ҳолат хатҳои шиддати 500–1150 кВ хис-

саи зиёди ҳомӯшкунӣ аз расиши кӯтоҳи якфаза (РКЯ) ба вучуд меояд. ПЯАТ бо истифода аз реакторҳои чорнурагӣ (РЧ) барои баргараф кардани РКЯ ноустувор ин мушкилотро ба таври беҳтарин ҳал на-

мекунад, хусусан вақте ки сухан дар бораи хатҳои дарозии тақрибан 500 км меравад. [1, с.116; 2, с.154]. Агар дар хатҳои дарозии тақрибан 300 км ПЯАТ бо давомнокии таваққуфи 0,6-0,7 с муваффақ шавад, пас барои хатҳои дарозии тақрибан 500 км таваққуфи барои марҳилаи муҳими ба 1,0 с наздик мешавад. [3, с.22;4, с.163]

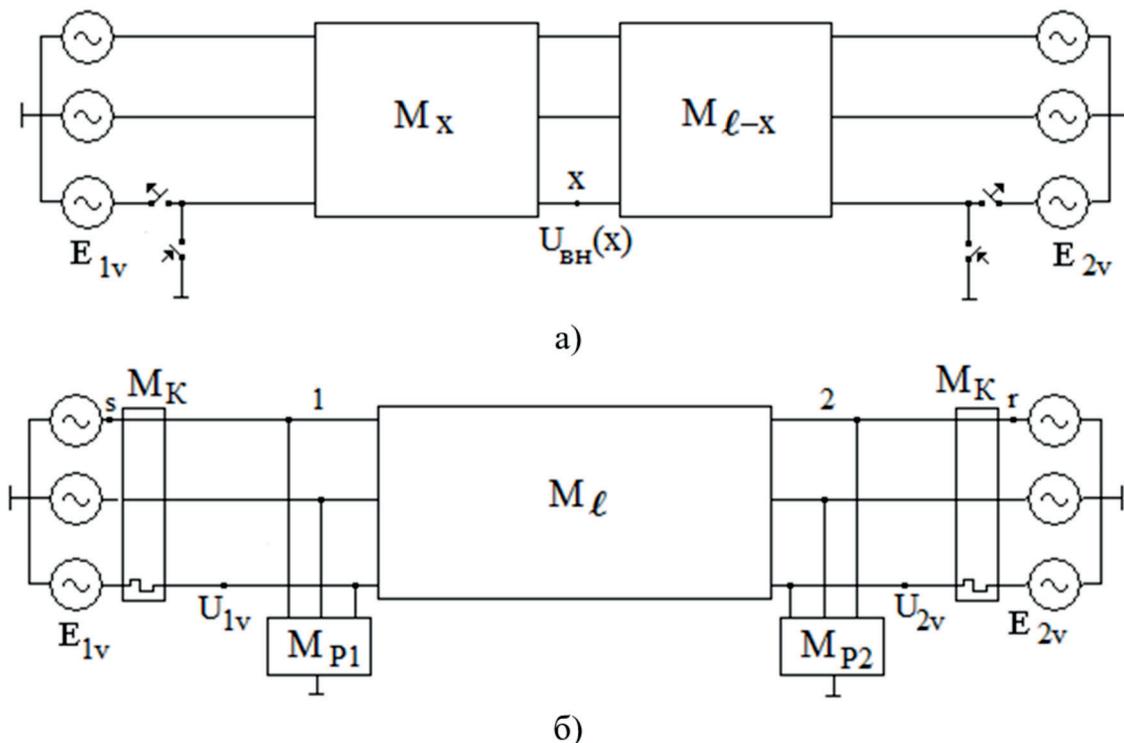
Инчунин бояд камбудихоӣ зерини хоси ПЯАТ-ро бо истифода аз РЧ қайд кард.

1. Имконияти пайдоиши баландшавии резонансии шиддат дар таваққуфи ПЯАТ, ки ба схемаи интиқоли барқ дар речаи ПЯАТ маҳдудият мегузорад

2. Зарурати коммутатсияи реакторӣ барои ба кор даровардани ҳамаи реакторҳои шунтӣ дар таваққуфи ПЯАТ барои таъмини шароити хомӯш кардани камонаки дуум, зеро дар речаҳои муқаррарӣ хангоми интиқоли қувваи назаррас реакторҳои шунтӣ, одатан, аз хат бо реак-

торӣ бо шароити речаи шиддат ҷудо карда мешаванд [5, с.9; 6, с.112].

**МУҚАРРАРОТИ ВАЗИФА.** Камбудихоӣ зикршудаи ПЯАТ-ро бо истифода аз РЧ баргараф кардан, инчунин баландбардоштани самаранокӣ ва эътимоднокии баргараф кардани РКЯ ноустувор ба усули дигар, яъне ПЯАТ бо истифода аз ШАФ бо ёрии ҷудокунандаҳои шунти зудтаъсиркунанда имкон медиҳад [7, с.310 – 8, с.410]. Дар расми.1. схемаи ҳисобкунӣ барои таҳлили шиддати барқароршаванда (ШБ) ва ҶКД дар ШАФ нишон дода шудааст, ки барои он ҳамон соддакунӣ, ки дар мавриди ПЯАТ қабул карда мешавад. Вобаста аз хусусияти речаи пеш аз садама, реакторҳои шунтӣ (РШ) метавонанд ё пайваस्त карда шаванд ё аз хат ҷудо карда шаванд [10, с.66]. Аммо, онҳо ба ҳолати речаи садами фаза дар ШАФ таъсир намарасонанд.



Расми.1. Схемаи ҳисобкунӣ барои таҳлили ШБ ҳангоми ШАФ: а – ШБ дар таваққуфи ШАФ; б – ШБ дар охири марҳилаи садамавӣ бад аз шунт баровардан.

Ба мисли ПЯАТ, аввал таҳлили ШБ дар марҳилаи садамавӣ гузаронидан кулайтар аст, пас аз он дар асоси теоремаи манбаи баробари ЧҚД дар РКЯ дар нуқтаи ихтиери хат мувофиқи формулаи (1) муаян кардан мумкин аст

Речаи ШАФ дар сурати набудани камонак дар хати интиқол ба схемаи ҳисобшуда дар расм мувофиқат мекунад. 1, матритсаи фазаи параметрҳои он, ба монанди ПЯАТ, бо таносуби (1,2) муайян карда мешавад.

Таҳсироти шиддатҳои фазаӣ дар тӯли хати барӣ бо ифодаи зерин муайян карда мешавад.

$$\dot{U}_x = B_{x2} \cdot B^{-1} \dot{E}_1 + B_{1x}^T \cdot (B^{-1})^T \cdot \dot{E}_2, \quad (1)$$

Дар инҷо  $B_{1x}^T, (B^{-1})^T$  – фазаҳои матритсаи транспозитсионӣ коэффитсиентҳо аз фазаи матритса

$$B_{1x} \text{ и } B^{-1}; B_{x2} = \begin{bmatrix} B_{x2a} & B_{x2ab} & B_{x2ac} \\ B_{x2ba} & B_{x2b} & B_{x2bc} \\ B_{x2ca} & B_{x2cb} & B_{x2c} \end{bmatrix};$$

$$B_{1x} = \begin{bmatrix} B_{1xa} & B_{1xab} & B_{1xac} \\ B_{1xba} & B_{1xb} & B_{1xbc} \\ B_{1xca} & B_{1xcb} & B_{1xc} \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} B_a & B_{ab} & B_{ac} \\ B_{ba} & B_b & B_{bc} \\ B_{ca} & B_{cb} & B_c \end{bmatrix}$$

– коэффитсиентҳои фазаи матритса барои қисмҳои мувофиқи хат нисбат ба нуқтаи  $x$  ва дар маҷмӯъ барои хатҳои интиқол.

Дар ин ҳолат вектори сутунҳои КЭХ дар охири хат ҳамчун нишон дода мешаванд.

$$\dot{E}_1 = \begin{bmatrix} \dot{E}_{1a} \\ \dot{E}_{1b} \\ \dot{E}_{1c} \end{bmatrix}, \quad \dot{E}_2 = \begin{bmatrix} \dot{E}_{2a} \\ \dot{E}_{2b} \\ \dot{E}_{2c} \end{bmatrix}.$$

Барои фазаҳои садамавӣ

$E_{1v} = 0, E_{2v} = 0$ , где  $v = a, b, c$ , мо аз ифодаи (1) таҳсироти чушавандаи ШБ дар марҳилаи садамавӣ пайдо мекунем.

Муқовимати вуруди схема нисбат ба ҷой камонак бо таносуби (4) муайян карда мешавад, ки дар он муқовимати вуруди китаҳои дахлдори хат метавонад бо дараҷаи кофӣ дақиқ дар баҳоидиҳои хатти комилан транспозитсияшуда пайдо шавад.

$$Z_{x1} = i \frac{2Z_w \sin \beta x + Z_{wo} \sin \beta_o x}{2 \cos \beta x + \cos \beta_o x},$$

$$Z_{x2} = i \frac{2Z_w \sin \beta(\ell - x) + Z_{wo} \sin \beta_o(\ell - x)}{2 \cos \beta(\ell - x) + \cos \beta_o(\ell - x)}, \quad (2)$$

Қимати ШБ аз муқовимати камонак, ки функцияи хатҳои ЧҚД мебошад, ба таври назаррас вобаста аст. Дар асоси маълумоти таҷрибавӣ, наздикшавии муқовимати камонак ҳамчун функцияи ЧҚД ва қиматҳои муқовимати камонак тавсия дода мешаванд (ҷадвал.1), ки дар асоси онҳо ҷараёнҳои камонак барои шароити хомӯш кардани ҷараён камонак муайян карда мешаванд.

Речаи ШАФ дар сурати набудани камонак дар хат ва пас аз шунти фазаи садамавӣ ба схемаи ҳисобшуда барои расми 1 мувофиқат мекунад, ки матритсаи параметрҳои он мувофиқан баробар аст [10, с.313].

$$M = \begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} = M_K M_{p1} M_\ell M_{p2} M_K. \quad (3)$$

Ба ин таносуб матритсаи коммутатсия дохил мешавад, ки бо ёрии он маделкунии шикастҳои камонак дар охири хати барӣ муаян карда мешавад.

Шиддати фазаӣ дар охири хат бо ифодаҳои зерин муайян карда мешавад

$$\dot{U}_1 = B_{1r} \cdot B^{-1} \dot{E}_1 + R_k \cdot (B^{-1})^T \cdot \dot{E}_2,$$

$$\dot{U}_2 = R_k \cdot B^{-1} \dot{E}_1 + B_{s2} \cdot (B^{-1})^T \cdot \dot{E}_2 \quad (4)$$

дар инҷо  $V_\tau^{MKC}$  – коэффитсиенти фазаи матритсаи транспозитсияшуда аз коэффитсиенти фазаи матритса

$$\mathcal{E}_{xoc}; R_K = \begin{vmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{vmatrix} \quad \begin{matrix} \text{– матритсаи} \\ \text{коммутатсия.} \end{matrix}$$

Коэффициентҳои фазаи матритса ба-рои қисмҳои дахлдори хат нисбат ба охири он аз таносуби

$$M_{1r} = \begin{vmatrix} A_{1r} & B_{1r} \\ C_{1r} & D_{1r} \end{vmatrix} = M_{p1} \cdot M_{\ell} \cdot M_{p2} \cdot M_{\kappa},$$

$$M_{s2} = \begin{vmatrix} A_{s2} & B_{s2} \\ C_{s2} & D_{s2} \end{vmatrix} = M_{\kappa} \cdot M_{p1} \cdot M_{\ell} \cdot M_{p2}.$$

Дар ин ҳолат вектор-сутунҳои ҚЭХ дар охири хат ҳамчун

$$\dot{E}_1 = \begin{vmatrix} \dot{E}_{1a} \\ \dot{E}_{1b} \\ \dot{E}_{1c} \end{vmatrix}, \quad \dot{E}_2 = \begin{vmatrix} \dot{E}_{2a} \\ \dot{E}_{2b} \\ \dot{E}_{2c} \end{vmatrix}.$$

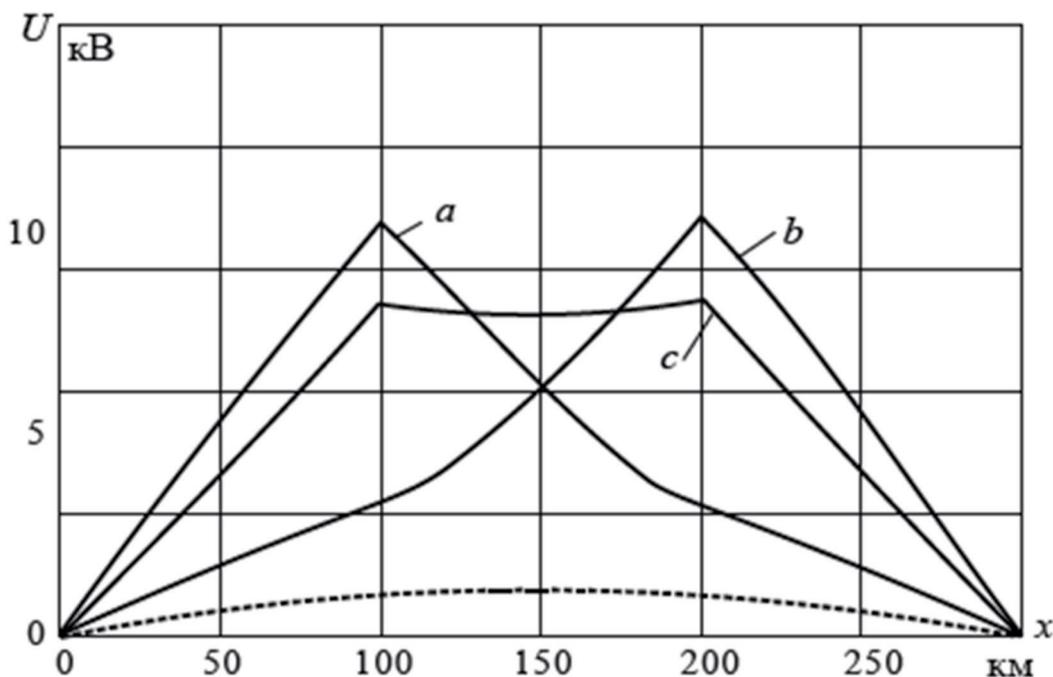
Таҳлили ШБ ва ҶҚД дар транспозитсияи воқеии хати интиқоли барқ.

Дар асоси алгоритми дар боло овардашуда, мо шартҳои хомӯш кардани ҷараёни камонак дар таваққуфи ШАФ дар хатҳои 500 кВ бо дарозии 300 ва 500 км таҳлил мекунем.

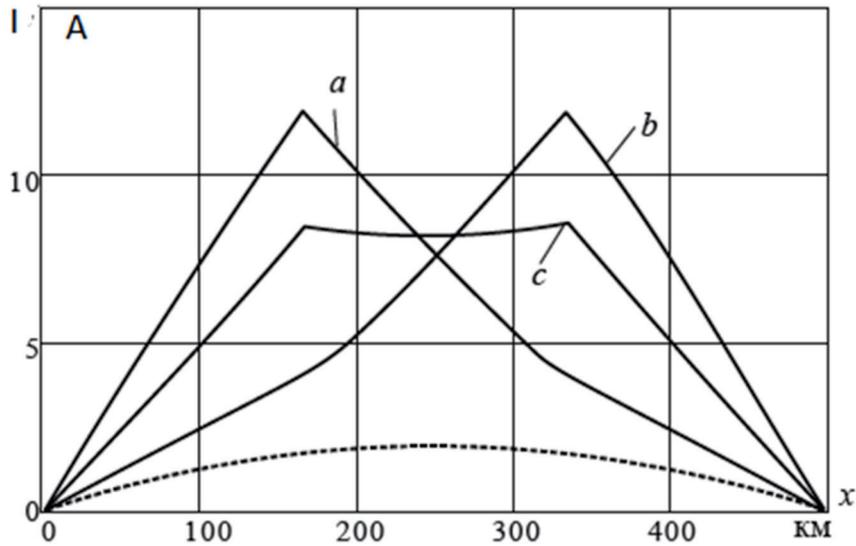
ХИБ 500 кВ, 300 км. дар расми .2. тақсимоти ШБ дар речаи ШАФ ҳангоми

транспозитсияҳои идеалӣ ва воқеӣ ҳангоми кунҷҳои ҳадди тағиребии байни векторҳои шиддат дар охири хат дода шудааст. Дар сурати транспозитсияи воқеӣ тақсимоти ШБ аз он вобаста аст, ки ШАФ дар кадом марҳила амалӣ карда мешавад. Тавре ки шумо аз ин расм мебинед, бо назардошти транспозитсияи воқеӣ аз ШБ ҳадди аксар якчанд маротиба зиёдтар аст, агар ХХИБ ҳамчун транспозитсияшуда комил ба назар расад. Шароити номусоид дар марҳилаҳои ба амал меояд, ки дар қадами миёна транспозитсия мавқеи шадидро ишғол мекунад. Дар оянда ин ду марҳиларо муҳим ва марҳилаи сеюмро, ки дар қадами миёнаи транспозитсия мавқеи миёнаро ишғол мекунад, ғайри муҳим меномем.

Бо назардошти муқовиматҳои камонак, ки дар ҷадвал оварда шудаанд, 1, дар расми.3. тақсимоти ШБ дар речаи ШАФ вобаста ба ҷойгиршавии камонак нишон дода шудааст.



Расми .2. Тақсимоти ШБ дар марҳилаи садамавӣ дар речаи ШАФ

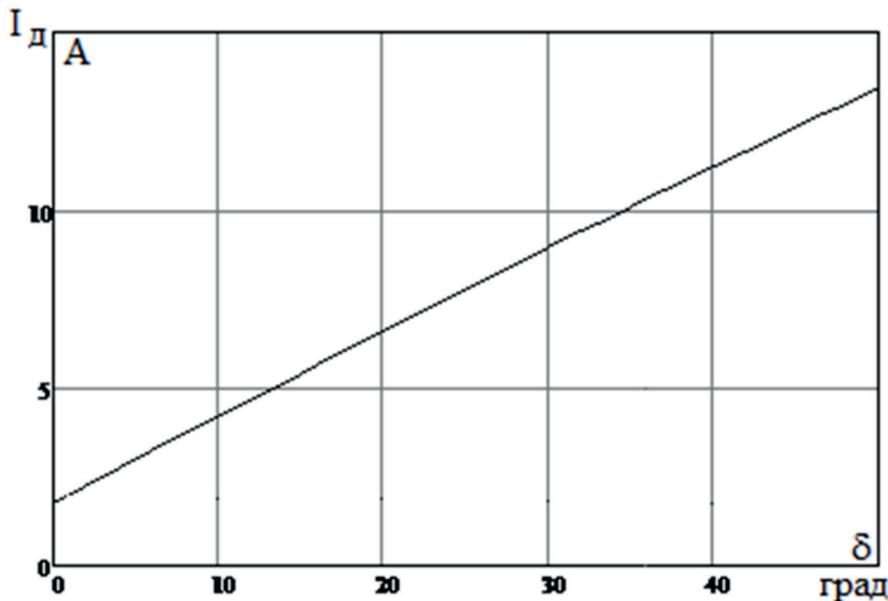


Расми .3. Тақсимоти ҶКД дар марҳилаи садамавӣ дар речаи ШАФ

Арзишҳои максималии ҷараёнҳои камонак дар ҳатҳои транспозисияи воқеӣ, инчунин ШБ, дар сарҳади қадамҳои транспозисия дар марҳилаҳое, ки дар қадами миёна мавқеи ниҳой доранд, ҷой доранд.

Ба бузургии ШБ ва ҶКД кунҷи байни векторҳои шиддатҳои ниҳой таъсири на-

заррас мерасонад, ки дар раванди гузариши динамикӣ меафзояд. дар расми 4 афзоиши ҷараёни максималии камонак бо афзоиши ҳаракати кунҷи нишон медиҳад. Тавре ки мебинед, ҳатто дар кунҷҳои номумкин, ҷараени камонак дар доираи 15 А ҷойгир аст.



Расми.4. Вобастагии ҷараёнҳои максималии камонак аз тағйирёбии кунҷи байни шиддатҳо дар охири хати барӣ

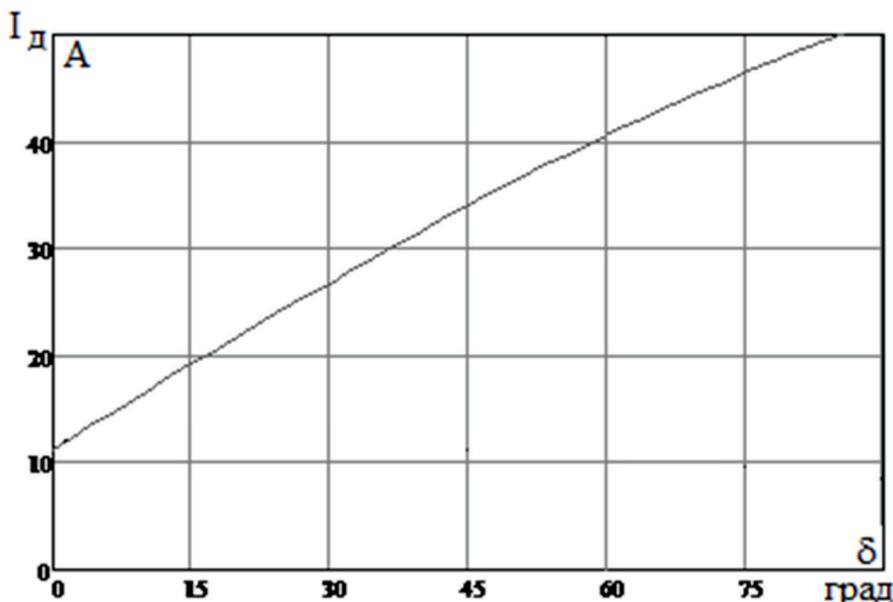
Баҳодиҳии ШБ пас аз шунт баровардан марҳилаи садамавӣ нишон дод, ки ШБ калонтарин вақте рух медиҳанд, ки садама дар марҳилаи мавқеи миёна дар қадами миёнаи транспозисия рух медиҳад.

Дар ҷадвали 1 маълумоти дахлдор ҳангоми . Тавре ки аз ин ҷадвал дида мешавад, ШБ калонтарин аз сатҳи иҷозатдодашуда дар ҳар шумораи пайвастшудаҳо хеле камтар мебошанд.



Расми 7 Зиёдшавии ҷараени максималии камонакро бо зиёдшавии ҳаракати кунҷӣ нишон медиҳад. Тавре ки мебинед, ҳатто дар кунҷҳои номумкин аз ҳам ҷудо

шудан, ҷараёни камонак дар доираи 40 А ҷойгир аст. Дар чунин ҶДК хомӯшшавии бомуваффақияти камонаки дуҷум дар доираи 0,7 сония таъмин карда мешавад.



Расми 7. Вобастагии ҷараёнҳои максималии камонак аз тағйирёбии кунҷии байни шиддатҳо дар охири хати барӣ

Дар ҷадвали 2 пас аз шунт баровардани фазаи садамавӣ ҳангоми  $\delta = 2\lambda$ . Тавре ки аз ин ҷадвал дида мешавад, ШБ калон-

тарин бо ҳамаи ШР-ҳои пайвастшуда аз сатҳи иҷозатдодашудаи  $U_{0.15\delta op}$  кВ зиёд нест.

Ҷадвали 2

Бузургтарин ШБ ҳангоми аз шунт баровардани фазаи садамавӣ

Шумораи реакторҳои шунтӣ		ШБ дар марҳилаи садамавӣ, кВ	
Охири ХБҲ	Аввали ХБҲ	Охири ХБҲ	Аввали ХБҲ
2	1	379	435
1	1	202	202
0	1	80	106
0	0	70	70

**ХУЛОСА**

Дар ин мақола алгоритми таҳлили ПЯАТ дар ҳатҳои транспазитсияшудаи шиддатҳои фавқулбаланд бо истифода аз шунти автомати фаза пешниҳод карда шудааст. Алгоритми таҳияшуда имкон медиҳад, ки ШБ ва ҶКД дар тӯли фазҳои садамавӣ бо назардошти мавқеи онҳо дар схемаи транспозисия ҳангоми ҷойгиршавии уфуқии фазаҳо муайян карда шудааст.

Дар асоси ин алгоритм шароити хомӯш кардани камонаки дуҷумро дар ҳатҳои 500 кВ бо дарозии 300 ва 500 км таҳлил карда шудаанд. Ҳисобҳо нишон доданд, ки моделкунонии хат ҳамчун комилан транспазитсияшуда натиҷаҳои воқеии бо назардошти транспозисияи воқеӣ ба даст овардашударо медиҳад, вақте ки дар ҳар як қадами транспозиссионӣ хат бо ғайрисиметрӣ параметрҳо тавсиф карда мешавад.

Натицаи асосии ин кор дар он аст, ки баҳисобгирии транспозицияи воқеии хат ҳангоми баҳогузории татбиқи ПЯАТ шартӣ ҳатмист.

### АДАБИЁТҲО

1. Красильникова Т.Г., Джононаев С.Г. Способы ликвидации однофазных коротких замыканий в воздушных линиях сверхвысокого напряжения // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2016. – № 2 (84). – С. 116–130.
2. Процессы при однофазном автоматическом повторном включении линий высоких напряжений / под ред. М.Л. Левинштейна. – М.: Энерго-атомиздат, 1991. – 256 с.
3. Красильникова Т.Г., Джононаев С.Г. Сравнительный анализ путей ликвидации неустойчивых однофазных коротких замыканий в нетранспонированных линиях СВН и УВН // Электричество. – 2017. – № 11. – С. 22–29.
4. Красильникова Т.Г., Джононаев С.Г. Влияние длительности паузы ОАПВ на пропускную способность электропередачи по условию динамической устойчивости // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2017. № 2. – С. 163–176.
5. Джононаев С.Г. О влиянии различных факторов на восстанавливавшие напряжения и вторичный ток дуга при однофазном автоматическом повторном включении воздушной линии сверхвысокого напряжения // Матери-
6. Влияние продолжительности паузы ОАПВ на пропускную способность электропередачи / Т.Г. Красильникова, С.Г. Джононаев // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики / отв. ред. Н. И. Воропай. – Чолпон-Ата, 2017. – Вып. 68: Исследование и обеспечение надежности систем энергетики. – Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2017. – С. 112–120.
7. Проектирование линий электропередачи сверхвысокого напряжения / под ред. Г.Н. Александрова. – Л.: Энергоатомиздат, 1993. – 560 с.
8. Электрические сети сверх- и ультравысокого напряжения ЕЭС России. Теоретические и практические вопросы. В трёх томах / под общей редакцией чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. А.Ф. Дьякова. – М.: НТФ «Энерго-прогресс» Корпорация «ЕЭЭК», 2012. – 696 с.
9. Красильникова Т.Г., Манусов В.З. Анализ токов дуги подпитки в паузу ОАПВ в процессе динамического перехода // Научные проблемы транспорта Сибири и дальнего Востока. – 2009. – №1. – С. 313–316.
10. Рашкес В.С. Обобщение эксплуатационных данных эффективности ОАПВ ВЛ СВН и опытных данных времени гашения дуги подпитки // Электрические станции. – 1989. – №3. – С. 65–72.

## ОДНОФАЗНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ШУНТИРОВАНИЯ ФАЗЫ

*Гулмуродзода С.Г., Исмоилов Ф.О., Саидзода Х.С., Джамолзода Б.С.*

**Аннотация:** В данной статье обсуждаются вопросы реализации однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ) с использованием автоматического шунтирования фазы

(АШФ). На основе алгоритма анализируются условия гашения вторичной дуги при ОАПВ с использованием АШФ в линиях 500 кВ при их длине 300 и 500 км. Как правило, в длинных линиях используется транспозиция фаз, состоящая из трех шагов транспозиции. При оценке восстанавливаемых напряжений (ВН) и вторичных токов дуги (ВТД) такие линии обычно принимаются идеально транспонированными, то есть обладающими симметрией фазных и межфазных параметров. В данной работе доказывается, что учет реальной транспозиции при оценке эффективности использования ОАПВ является обязательным условием. Наиболее неблагоприятные условия возникают в фазах, которые занимают крайние положения на среднем шаге транспозиции. Наибольший эффект применение ОАПВ дает, если длительность паузы составляет (0,5–1,0) сек.

**Ключевые слова:** однофазного автоматического повторного включения, автоматического шунтирования фазы, однофазными короткими замыканиями, вторичных токов дуги, идеально транспонированная линия, паузе ОАПВ, критичным фазам, расшунтирование фазы.

## SINGLE-PHASE AUTO-RECLOSEING IN OVERHEAD LINES USING AUTOMATIC PHASE SHUNTING

**Gulmurodzoda S.G., Ismoilov F.O., Saidzoda Kh.S., Jamolzoda B.S.**

**Annotation:** The paper discusses the implementation of a single-phase auto-reclosing (SPAR) using automatic phase shunting in transposed lines. It is proved that taking into account the real transposition in the calculation of the reducing voltages (RV) and secondary arc currents (SAC) is a prerequisite. On the basis of the algorithm, the conditions for quenching the secondary arc are analyzed for SPAR with the use of in 500 kV lines with their lengths of 300 and 500 km. When estimating the RV and SAC, such lines are usually taken to be perfectly transposed, that is, having a symmetry of phase and interphase parameters. This paper proves that taking into account real transposition in assessing the effectiveness of the use of single-phase auto-reclosing (SPAR) is a prerequisite. In the case of real transposition RV and SAC depend on what phase is performed SPAR. The most unfavorable conditions arise in phases that occupy extreme positions at the middle step of transposition. The greatest effect of the SPAR application gives, if the pause duration is (0,5–1,0) sec

**Keywords:** single-phase auto-reclosing (SPAR), automatic phase shunting, one-phase short circuit, recovery voltage, secondary arc current, perfectly transposed line, pause (SPAR), critical phases, phase disconnection, elimination of unstable one-phase short circuit.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, муаллими калона кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникии. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникии. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Саидзода Хушдил Саид – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникии. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Чамолзода Бехрузи Саъдонхуча – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, и.в. дотсенти кафедраи электротабминкунӣ, номзади илмҳои техникии. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Сведения об авторах:** Гулмуродзода Сайёд Гулмурод – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, старший преподаватель кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Исмоилов Фирдавс Олимшоевич – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Саидзода Хушдил Саид – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Джамолзода Бехрузи Саъдонхуча – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, и.о. доцента кафедры электроснабжение, кандидат технических наук. Тел. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

**Information about authors:** Gulmurodzoda Sayyod Gulmurod – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, senior lecturer of the Department of Electrical Supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934334440, E-mail: jononaev.87@mail.ru; Ismoilov Firdavs Olimshoevich – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992)935888660, E-mail: ismoilovFO@yandex.com; Saidzoda Khushdil Said – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 939901600, E-mail: khushdil.sangov@mail.ru; Jamolzoda Bekhruzi Sadonkhuj – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Tel. (+992) 934444417, E-mail: Jamolzoda\_behruz@mail.ru.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БИОСФЕРНОМ РЕЗЕРВАТЕ РОМИТ

*Кариева Ф.А., Рахимов Б., Боев Р.Д.*

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ*

**Аннотация:** В данной статье говорится о биоразнообразии растительного мира биосферного резервата Ромит. Природа биосферного резервата Ромит славится своими горными лесами. Здесь почти повсеместно склоны гор покрыты берёзой, ивой, шелковицей, клёном, тополем, джигдой (лохом) и т.д. Здесь встречаются также дикорастущие яблоня, груша, вишня, орех, алыча, барбарис, айва, фисташка, облепиха, боярышник, миндаль, шиповник, арча и даже деревья-биоты, к примеру, туя восточная. На более повышенных высотных зонах, выше горных лесов, располагаются субальпийские луга, которые широко представлены красиво цветущими тюльпанами, крокусами, горными фиалками, анемонами, маками, гвоздиками, ирисами, гуранами и т.д., что весьма привлекательно для туристов.

Поскольку, основная часть территории биосферного резервата «Ромит» расположена в среднегорье, в поясе шибляка и полусаванн на высоте 1200-2000 метров над уровнем моря, и частично, в поясе широколиственных лесов и кустарников на высоте 1600-2800 м. над уровнем моря, здесь выделяются следующие формации: из древесно-кустарниковых - широколиственные леса, формации листопадных кустарников, арчовники и шибляк, а из представителей травянистых растений наибольшую распространённость здесь представляют эфемеретиум (полусаванны), рудеральная растительность, а также небольшие участки лугов вдоль ручьев и рек, кроме того, в этом поясе фрагментарно, а также можно встретить тимьянниковые сообщества.

В настоящее время сохранились многие эндемичные виды, которые требуется охранять и беречь для коллекционного фонда республики. Также они представляют наибольший интерес как для науки, так и для организации туристической деятельности.

**Ключевые слова:** биоразнообразие растительности, биосферный резерват Ромит, эндемичные растения, туристическая деятельность, субальпийские луга, растительные формации, заповедная территория.

Как известно, важной достопримечательностью биосферного резервата Ромит являются представители его растительного мира. По своему видовому разнообразию и уникальности флора резервата отличается своим богатством и разнообразием. Однако, целенаправленное исследование флоры и растительного мира резервата к настоящему времени не проводилось.

Природа биосферного резервата Ромит славится своими горными лесами. Здесь почти повсеместно склоны гор покрыты берёзой, ивой, шелковицей, клёном, тополем, джигдой (лохом) и т.д. Здесь встречаются также дикорастущие яблоня, груша, вишня, орех, алыча, барбарис, айва, фисташка, облепиха, боя-

рышник, миндаль, шиповник, арча и даже деревья-биоты, к примеру, туя восточная.

На более повышенных высотных зонах, выше горных лесов, располагаются субальпийские луга, которые широко представлены красиво цветущими тюльпанами, крокусами, горными фиалками, анемонами, маками, гвоздиками, ирисами, гуранами и т.д., что весьма привлекательно для туристов.

Как выяснилось, в районе среднегорных склонов заповедной территории распространена, в основном, древесная и кустарниковая растительность. На высотных зонах 2400-2800 м над уровнем моря встречаются травянистые и кустарниковые растения, характерные, в основном, для субальпийской области.

Согласно имеющимся литературным источникам флора биосферного резервата «Ромит» в общей сложности составляет 1 503 вида, принадлежащих к 470 родам и 85 семействам. Из их числа 292 вида составляют водоросли, 193 вида - грибы, 41 вид - лишайники, 127 видов - мохообразных и 845 видов составляют представители высших растений (Овчинников П.Н., Камелин Р.В. 1971; Камелин, 1974; Растительность Таджикистана и ее освоение, 1974).

Как было указано, на всей территории биосферного резервата «Ромит» на высотах 1176–3195 м над уровнем моря, растительность растет в условиях вертикальной зональности, что приводит к резкому изменению не только жизненных форм и характер их распространенности, но и к их разнообразию по видовой принадлежности.

В соответствии с классификационной схемой, предложенной Н.Ф. Гончаровым (1937), для территории резервата характерны следующие типы растительности и растительные формации.

- Формации мезофильной древесной растительности, представленные главным образом широколиственными и мелколиственными лесами; кленовника, представляющие сем. *Asagaceae*, ореха - сем. *Juglandaceae*, серебристого тополя - *Populus alba - populeta alba*, лавро-лиственного тополя - *Populeta laurifoliae*, березняков - сем. *Betulaceae*.
- Формации ксерофитной древесной растительности –представляющие арчовника (*Junipereta*) и шибляка, миндальников (*Amygdaleta*) и каркасников (*Celtiseta*).
- Кустарниковая растительность, которую представляют представители: розариев (*Rosarieta*), ивняков (*Saliceta*), зизифусы (*Ziziphuseteta*), палиуруссы (*Paliuruseta*) и сумахи (*Rhuseta*).  
Особенно широкую распространен-

ность здесь представляют представители кленовников, которые на нижнем предельном поясе произрастают в сообществе с формацией экзохорды, а на верхнем поясе - с розариями.

Поскольку, основная часть территории биосферного резервата «Ромит» расположена в среднегорье, в поясе шибляка и полусаванн на высоте 1200-2000 метров над уровнем моря, и частично, в поясе широколиственных лесов и кустарников на высоте 1600-2800 м. над уровнем моря, здесь выделяются следующие формации: из древесно-кустарниковых - широколиственные леса, формации листопадных кустарников, арчовники и шибляк, а из представителей травянистых растений наибольшую распространенность здесь представляют эфемеретиум (полусаванны), рудеральная растительность, а также небольшие участки лугов вдоль ручьев и рек, кроме того, в этом поясе фрагментарно также можно встретить тимьянни-ковые сообщества.

На территории заповедной зоны формации шибляка занимают как склоны, так и водораздельные гребни в пределах высот 1200-1600 (2000) м. (Акульшина, 1976).

Наибольшую распространенность здесь представляют формация миндаля бухарского, также можно встретить унаби, сумах, а на склонах гор можно встретить клен (*Acer*) и боярышник (*Crataegus*), а также грушу и фисташку.

По долинам рек, нижним частям склонов и ложбинам наибольшую распространенность представляют некоторые экземпляры широколиственных лесов, которые представлены главным образом орехом грецким, кленом туркестанским, группами деревьев платана восточного. В этой зоне можно также встретить представителей мелколиственных пород (береза и тополь), тамарикс, мирикарий, иву, а иногда облепиху. На склонах из представителей

мезофильных кустарников встречаются: кизильник, боярышник, экзохорда и др. На более высоких зонах, на границе с субальпийским поясом растёт, в основном, рестелла, а вдоль ручьев широко распространена ежевика (*Rubus caesius* L.), роза (*Rosa canina* L.), жимолость, и барбарис.

Согласно имеющемуся ботанико-географическому районированию территория биосферного резервата «Ромит» относится к Центрально-Гиссарскому (Ромитскому) подрайону Дарвазского района (Гончаров, 1937; Овчинников, 1957).

В своих исследованиях Н.Ф.Гончаров (1937), отмечает широкое распространение кленовников в Центрально-Гиссарском (Ромитском) подрайоне. Здесь, на территории резервата кленовники на нижней высотной границе произрастают в сообществе с литофильной кустарниковой формацией эндохорда, а на верхней высокой границе они растут с розариями.

В соответствии со схемой поясности и классификации растительности Памиро-Алая, разработанной П.Н.Овчинниковым (1957), основная часть растительности на территории резервата расположена в среднегорье, в поясе шибляка и полусаванн (1200-2000 м над ур. моря) и, частично, в поясе чернолесья (1600 - 2800 м над ур. моря). Здесь выделены следующие виды: из древесно-кустарниковых представителей – чернолесье, формации листопадных кустарников, белолесье и ксерофитные - шибляк, арчовники и мелкокустарниковые формации; из представителей травянистых растений отмечены: эфемеретум и полусаванны, рудеральная растительность, а также небольшие участки лугов вдоль ручьёв и рек и фрагментарно встречающиеся тимьянниковые сообщества.

Как выяснилось, представители формации шибляка на территории резервата распространены на склонах и гребнях в пределах высотной зоны 1200-1600 (2000)

м над ур. моря. На этой высоте также широко распространена формация миндаля бухарского (*Amygdalus bucharica*). К числу менее встречающихся формаций относятся: унаби (*Ziziphus jujuba*), сумак (*Rhus cariaria*) и каркас (*Celtis*). Имеются растения, которые на склонах резервата располагаются рассеянно. К их числу относятся: клён (*Acer regeli*), деревца понтийского боярышника (*Crataegus pontica*), деревья груши (*Pyrus bucharica*) и фисташки (*Phistacia* sp). В условиях травостоя эти формаций выявляются экологически разнородные травяные сипузии: сипузия эфемеров с преобладанием злаков и бобовых (*Bromus oxyodon*, *Aegilops triuncialis*, *B. Macrostachys*, *Tveniatherum crinitum*, *B. Donthoniae*, *Anisantha tecforum*, *Medicago lupulina*. *M. Minima*, *M. dentiulata*); эфемероидная или полусаванновая сипузия (*Hordeum bullosum*, *Poa bulbosa* v. *vivipara*; *Prangos pabularia*); тимляковая сипузия грубых ксерофитных трав и полукустарников (*Hypericum scabrum*; *Sentellaria bucharica*; *Ziziphora pamiroalaica*). Здесь также формируется сипузия сорных, длительно вегетирующих бурьянистых трав (*Anchusa italica*, *Zindeloxia moerustata*, *Verbascum songaricum*, *Echium italicum*, *Centuarea squarrosa*, *Xeranthemum longipappasum*).

Таким образом, к августу месяцу эфемеры и эфемеровые обычно заканчивают свой вегетационный период, а в травостое к этому времени преобладают длительно вегетирующие ксерофитные травы и полукустарники.

Ход фитоценологического исследования показывает, что здесь по каменистым склонам и скалам, особенно в труднодоступных для человека местах выше древесных пород, встречаются деревца арчи (*Juniperus zeravschanica*), а на отдельных участках сохранились сообщества арчи с сомкнутостью крон 0,2 - 0,3 м.

Весьма интересным являются сообще-

щества чернолесья, которые распространены главным образом по долинам рек, нижним частям склонов, ложбинам и предоставлены фрагментами формаций ореха грецкого (*Juglans regia*), клёна туркестанского (*Acer turkestanicum*) и группами деревьев платана восточного (*Platanus orientalis*). Разнообразные сопутствующие породы встречаются в орехово-кленовых и кленовых сообществах: *Malus scoversis*, *Padellus mahaleb*, *Rhombus dolichophylla*, *Craterjuss turkestanica*, *Cotoneaster hissaricus*.

Вдоль горных рек в сообществе с ореховыми и кленовыми сообществами одиночно или группами, произрастают мелколиственные породы - берёза (*Betula turkestanica*) и тополь (*P. tadshikistanica*, *P. bachoxenii*), а на молодых участках поймы (берегах и островах) формируются сообщества тугайных (пойменных) - тамарикса (*T. arcentifoides*), ивы (*Salix pyenostachya*, *S. linarifolia*, *S. viithelmsana*), мирикорни (*Myricaria alopecuroides*), иногда облепихи (*Hippochae rhamnoides*) и лоха (*Elacagnas orientalis*). Среди представителей ивняков здесь наиболее распространёнными является ломонос (*Clematis orientalis*) и лиановый горец (*Polygonum boldshuanianu*). Кроме того, вдоль горных ручьёв образованы густые заросли высокие травы, высотой в 2,0 - 2,5 м (*Datisca cannobina*, *Typha*

*argustifolia*, *Phragmites comunis*).

В условиях среднегорной зоны резервата из представителей травянистой растительности встречаются: формации *Taeniatherum crinitom*, *Aegilops triunciveis*, *B. japonica*, *Bromus oxydjn*, *Hordeum geniculurum*; крупнозлаковые полусаванновые - *Elytrigia trichophora*, *Herdeum bulbosun*, *Botriocgloa ischaetum*; крупнотравные полусаванны - *Inula grondes*; *Prangos pobularia*; луга - *Daetylais glomerata*, *Kypericum scubrum*, *Ziziphoru panirovlaira*. По данным В.А.Чевтаевой (1952) на территории резервата представители высшие сосудистые растения насчитывают 641 вид, которые относятся к 334 родам и 70 семействам.

В общей сложности по многообразию жизненных форм, территория биосферного резервата «Ромит» охватывает следующие типы: деревья – 22 видов; кустарники – 40 видов; кустарнички – 7 видов; полукустарники - 5 видов; полукустарнички - 16 видов; травянистые полукарпики – 422 видов и травянистые монокарпики – 129 видов.

Ниже приводится список растений государственного биосферного резервата «Ромит», занесённых в Красную книгу Республики Таджикистан (табл.1).

Таблица 1

Список растений государственного биосферного резервата «Ромит», занесённых в Красную книгу Республики Таджикистан

Русское название	Латынское название
Ферула сумбул	<i>Ferula sumbul</i>
Горичник Гиссарский	<i>Pencedanum hisaricum</i>
Фиссиденс каратауский	<i>Fissidens Karataviensis</i>
Трутовик корнелистный	<i>Poluporus rhiophilus</i>
Ирис Гуга	<i>Iris hoogiana</i>
Лук Розенбаха	<i>Alluim rosenbachianum</i>
Ширяш таджикский	<i>Eremurus tadshicorum</i>
Островская величественная	<i>Ostrowskia magnifica</i>
Кузиния тонкосогнутая	<i>Cousinia leptocampyla</i>

Юнона Николая	<i>Juno Nikolai</i>
Шафран Королькова	<i>Crocus korolkovii</i>
Ужовник бухарский	<i>Ophioglossum bucharicum</i>
Рябчик Эдуарда	<i>Petilium Eduardii</i>
Тюльпан превосходный	<i>Tulipa praestans</i>
Туя восточная	<i>Thuja orientalis</i>
Искандера Гиссарская	<i>Iskandera hissarica</i>
Хурма обыкновенная	<i>Diospyros lotus</i>

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время сохранились многие эндемичные виды, которые требуется охранять и беречь для коллекционного фонда республики. Также они представляют наибольший интерес как для науки, так и для организации туристической деятельности.

#### Литература:

1. Акульшина Н.П. Краткий очерк растительности заповедника «Ромит»./Н.П.Акульшина Вестник ЛГУ, № 21, -1976.
2. Гадов Ш., Мамадризохонов А. «Биоразнообразии заповедника Дашти

Джум»/ Ш. Гадов // Матер. 8-ой межд. конфер. «Экологические особенности биологического разнообразия Таджикистана» - Худжанд, 2019. – с. 54-55.

3. Мамадризохонов А.А. Экотуризм дар минтакаи кухистони Тоҷикистон. /А.А.Мамадризохонов, Душанбе, 2013. – 594 с.
4. Тарасенок А. Виды экологического туризма / А.Тарасенок // Туризм и отдых. – 2000, № 21. – с.82-83.
5. Храбовченко В.В. Экологический туризм: учебное метод. Пособие // - М.: Финансы и статистика, 2007. – 208 с.

## АРЗЁБИИ ЭКОЛОГИИ ГУНОГУНИИ БИОЛОГИИ РАСТАНИҶО ДАР ЗАХИРАИ БИОСФЕРАИ РОМИТ

*Қориева Ф.А., Рахимов Б., Боев Р.Д.*

**Аннотатсия:** Дар ин мақола дар бораи гуногунии биологии олами наботот дар захираи биосфераи Ромит сухан меравад. Табиати захираи биосфераи Ромит бо ҷангалҳои кӯҳии худ машҳур аст. Дар ин ҷо қариб дар ҳама ҷо доманақӯҳҳо бо каду, ива, абрешим, клен, топик, джигда (лох) ва гайра пӯшонида шудаанд. Дар ин ҷо инчунин дарахтони себ, зардолу, нахл, олича, зелол, айва, бодом, омехта, дулона, pista, шиша, арча ва ҳатто дарахтони биота, масалан, туяи шарқӣ мавҷуданд. Дар минтақаҳои баландтар, болотар аз ҷангалҳои кӯҳӣ, чарогоҳҳои субалти ҷойгиранд, ки аз лаъҳои зебо гулдор, крокусҳо, фиалкаҳои кӯҳӣ, анемонҳо, мақаҳо, гулдастаҳо, ирисҳо, гуранҳо ва гайраро васеъ намояндагӣ мекунанд, ки ин барои сайёҳон хеле ҷолиб аст.

Азбаски қисми асосии қаламрави резервати биосфераи "Ромит" дар кӯҳҳои миена, дар камарбанди нимсавана дар баландии 1200-2000 метр аз сатҳи баҳр ва қисман дар камарбанди ҷангалҳо ва буттаҳои васеърӯй дар баландии 1600-2800 метр аз сатҳи баҳр ҷойгир аст, дар ин ҷо ташаккулҳои зерин ҷудо карда мешаванд: аз ҷангалҳои дарахтон ва буттаҳо ҷангалҳои васеърӯй, ташаккулҳои буттаҳо, арчаҳо ва шибляк, ва аз намояндагони растаниҳои алафдор, дар ин ҷо эфемеретиум (нимсаваннаҳо), растаниҳои рудералӣ, инчунин қитъаҳои хурди чарогоҳҳо дар самти ҷӯйҳо ва дарёҳо бештар паҳн шудаанд, илова бар ин, дар ин камарбанд ҷамоатҳои сиёҳдоноро низ қисман дидан мумкин аст.

Дар айни замон, бисер намудҳои эндемикӣ боқӣ мондаанд, ки барои фонди коллексионии ҷумҳурӣ ҳифз карда мешаванд. Онҳо инчунин ҳам барои илм ва ҳам барои ташикли фаъолияти сайёҳӣ тавачҷӯӣ бештар доранд.

**Калидвожаҳо:** гуногунии биологии растаниҳо, захираи Биосфераи Ромит, растаниҳои эндемикӣ, фаъолияти сайеҳӣ, чарогоҳҳои субалтӣ, ташаккулҳои растани, қаламрави захирашуда.

## ECOLOGICAL ASSESSMENT OF VEGETATION BIODIVERSITY IN THE ROMIT BIOSPHERE RESERVE

**Karieva F.A., Rahimov B., Boev R.D.**

**Abstract:** This article talks about the biodiversity of the flora of the Romit Biosphere Reserve. The nature of the Romit Biosphere Reserve is famous for its mountain forests. Here, almost everywhere, the mountain slopes are covered with birch, willow, mulberry, maple, poplar, jigda (sucker), etc. There are also wild apple, pear, cherry, walnut, cherry plum, barberry, quince, pistachio, sea buckthorn, hawthorn, almond, rosehip, juniper and even biotic trees, for example, the eastern thuja. At higher altitude zones, above the mountain forests, there are subalpine meadows, which are widely represented by beautifully blooming tulips, crocuses, mountain violets, anemones, poppies, carnations, irises, gurans, etc., which is very attractive for tourists.

Since the main part of the territory of the Romit biosphere reserve is located in the middle mountains, in the shiblyak and semi-Savannah belt at an altitude of 1200-2000 meters above sea level, and partially in the belt of broad-leaved forests and shrubs at an altitude of 1600-2800 m. above sea level, the following formations are distinguished here: from woody-shrubby - deciduous forests, formations of deciduous shrubs, juniper and shiblyak, and from representatives of herbaceous plants, ephemeratum (semi-savannas), ruderal vegetation, as well as small areas of meadows along streams and rivers, in addition, in this belt fragmentary also you can find thyme communities.

Currently, many endemic species have been preserved, and need to be protected for the collection fund of the republic. It is also of the greatest interest both for science and for the organization of tourism activities.

**Keywords:** vegetation biodiversity, Romit Biosphere Reserve, endemic plants, tourism activities, subalpine meadows, plant formations, protected area.

**Сведения об авторах:** Кариева Фарангис Абдурахимовна – кандидат биологических наук, ученый секретарь Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: kargaeva-27@mail.ru; Рахимов Бахтиёр – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: r.bakhtior87@mail.ru; Боев Рамазон Дамдорович – зав. сектором магистратуры и докторантуры Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: boev1961@bk.ru

**Маълумот дар бораи муаллифони:** Қориева Фарангис Абдурахимовна – номзоди илмҳои биологӣ, котиби илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: kargaeva-27@mail.ru; Рахимов Бахтиёр – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: r.bakhtior87@mail.ru; Боев Рамазон Дамдорович – мудири шӯъбаи магистратура ва докторантураи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: boev1961@bk.ru

**About the authors:** Karieva Farangis Abdurahimovna – candidate of biological sciences, scientific secretary of the Institute of water problems, hydropower and ecology of National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: kargaeva-27@mail.ru; Rahimov Bakhtior – the applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: r.bakhtior87@mail.ru; Boev Ramazon Damdorovich – head of the Masters and doctoral studies sector of the Institute of water problems, hydropower and ecology of National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: boev1961@bk.ru

## О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

*Хакдодов А.М., Амирзода О.Х., Хакдод М.М.*

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ*

**Аннотация.** В статье представлены исследования современного состояния системы экологического мониторинга и оценки качества атмосферного воздуха в условиях Таджикистана. Выявлены некоторые недостатки в организации мониторинга качества атмосферного воздуха, уровне оснащённости современными автоматическими системами, охвате страны сетями атмосферных наблюдений, нормирование загрязнителей и методов определения качества атмосферного воздуха от различных источников. На основании проведенных исследований с учетом мирового опыта рекомендованы мероприятия по совершенствованию системы экологического мониторинга с использованием современных методов и компьютерных моделей.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, качества атмосферного воздуха, индустриализация, «зеленый город», загрязнение атмосферы, загрязняющие вещества, нормирование, предельно-допустимая концентрация, система Интернет вещей (IoT).

**Введение.** Ухудшение качества атмосферного воздуха, обусловленное выбросами энергетики, промышленным комплексом и транспорта, оказывает негативное воздействие как на здоровье населения, так и на окружающую среду в целом. Поэтому загрязнение атмосферного воздуха признается ВОЗ одной из самых серьезных экологических угроз в мире [1], которые оказывают ряд негативных факторов на здоровье человека, приводя к формированию и прогрессированию различных патологий сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной систем, аллергических реакций, онкопатологии и др. [2]. В условиях Таджикистана загрязнение воздуха может нанести значительный ущерб не только здоровью людей, но вызывает и экономические потери в связи со снижением урожайности сельскохозяйственных культур и ускоренное таяние ледников. В связи с этим постоянный контроль за качеством атмосферного воздуха является важнейшей задачей как на государственном, так и на общемировом уровнях.

Для нормирования загрязнителей атмосферного воздуха с учетом класса

опасности существуют «Глобальные рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся озона (O<sub>3</sub>), двуокиси азота (NO<sub>2</sub>), двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), окиси углерода (CO) и твердых частиц (PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub>)», с учетом которых каждая страна самостоятельно устанавливает свои предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК), путем определения значения максимально-разовых, средне-суточных и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ [3].

Исходя из этого, многими странами на законодательном уровне устанавливаются ПДК различных загрязнителей и реализуется комплекс мероприятий, направленных на усиление контроля за качеством атмосферного воздуха и снижением уровня загрязнения. Наибольшие успехи в сфере контроля качества атмосферного воздуха достигнуты в странах Европы, США, Китае, жители которых могут получать актуальную информацию о состоянии атмосферного воздуха в свободном доступе в режиме реального времени [4]. Однако, у развитых и развивающихся стран неодинаковые возможности контроля качества атмосферного воздуха

и покрытие территории сетью пунктов наблюдения за состоянием атмосферы.

Например, мониторинг качества атмосферного воздуха в странах Центральной Азии проводится в каждой стране и по количеству постов наблюдения, городов, охваченные мониторингом, контролируемым загрязняющим веществам, показателям загрязнения атмосферы и информированием населения находятся на разном уровне [5].

В Республике Таджикистан на законодательном уровне действует единая государственная система экологического мониторинга. Мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в соответствии с законами Республики Таджикистан о гидрометеорологической деятельности от 23 июля 2016 года 1345 и «Об охране атмосферного воздуха» от 28 декабря 2012 года № 915 Агентством по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан и результаты уровня загрязнения атмосферного воздуха по 5 городам ежедневно публикуется в электронном виде на сайте агентства [6]. Кроме, того одна независимая автоматическая станция мониторинга находится на территории посольства США в г. Душанбе [7].

Однако, по данным Всемирного банка в республике отсутствует комплексная система мониторинга качества воздуха, т.е. станции неравномерно распределены по городу Душанбе и других районах, чтобы охватить различные источники (фон, автомобильное движение, промышленность и др.), а также доступность данных является недостаточной, позволяющие получить необходимую информацию о качестве атмосферного воздуха [8].

В связи с ускоренной индустриализацией страны [9], реализацией концепции «Зеленый город» в городе Душанбе, где предусматривается улучшение экологической ситуации в городе, повышение ка-

чества и достоверности оценок состояния окружающей среды, улучшение информирования населения за счет применения цифровых технологий [10], а также прогнозирование ситуаций с песчано-пыльных бурь, которые в последние годы все чаще покрывает почти всю территорию страны [11], возрастает необходимость совершенствования мониторинга качества атмосферного воздуха.

Следовательно, исследование качества атмосферного воздуха с целью снижения воздействия загрязнения воздуха на здоровье людей и экономики требует комплексного подхода с участием всех заинтересованных сторон [12] и применения современных автоматизированных комплексов на основе моделей и компьютерных технологий.

Поэтому анализ состояния мониторинга качества атмосферного воздуха в целях повышения его эффективности с применением современных методов и технологий является актуальной задачей.

Методы оценки качества атмосферного воздуха. Мониторинг состояния атмосферного воздуха представляет собой деятельность, включающую наблюдения, сбор, хранение, учет, систематизацию, обобщение, обработку и анализ данных. Оценка качества атмосферного воздуха проводится как по данным инструментальных замеров с помощью стационарных, маршрутных и передвижных постов наблюдения, так и по расчетным данным с использованием современных компьютерных моделей [4].

В настоящее время, организация и проведение мониторинга за уровнем загрязнения атмосферы по физическим и химическим показателям на территории Республики Таджикистан осуществляются с помощью 5 стационарных наблюдательных пунктов в городах Душанбе, Бохтар, Турсунзаде, Худжанд и Гулистон (рис.1). Контролируемые загрязняющие вещества - (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub> и PM<sub>10</sub>) взвешен-

ные частицы (пыль), CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, HF и др. Проводится сбор, обработка и хранение информации как в ручном так и в автоматическом режиме, а также составление ежегодных обзоров по качеству

атмосферного воздуха, Степень загрязнения атмосферного воздуха оценивается при сравнении концентрации примесей (мг/м<sup>3</sup>) с ПДК.

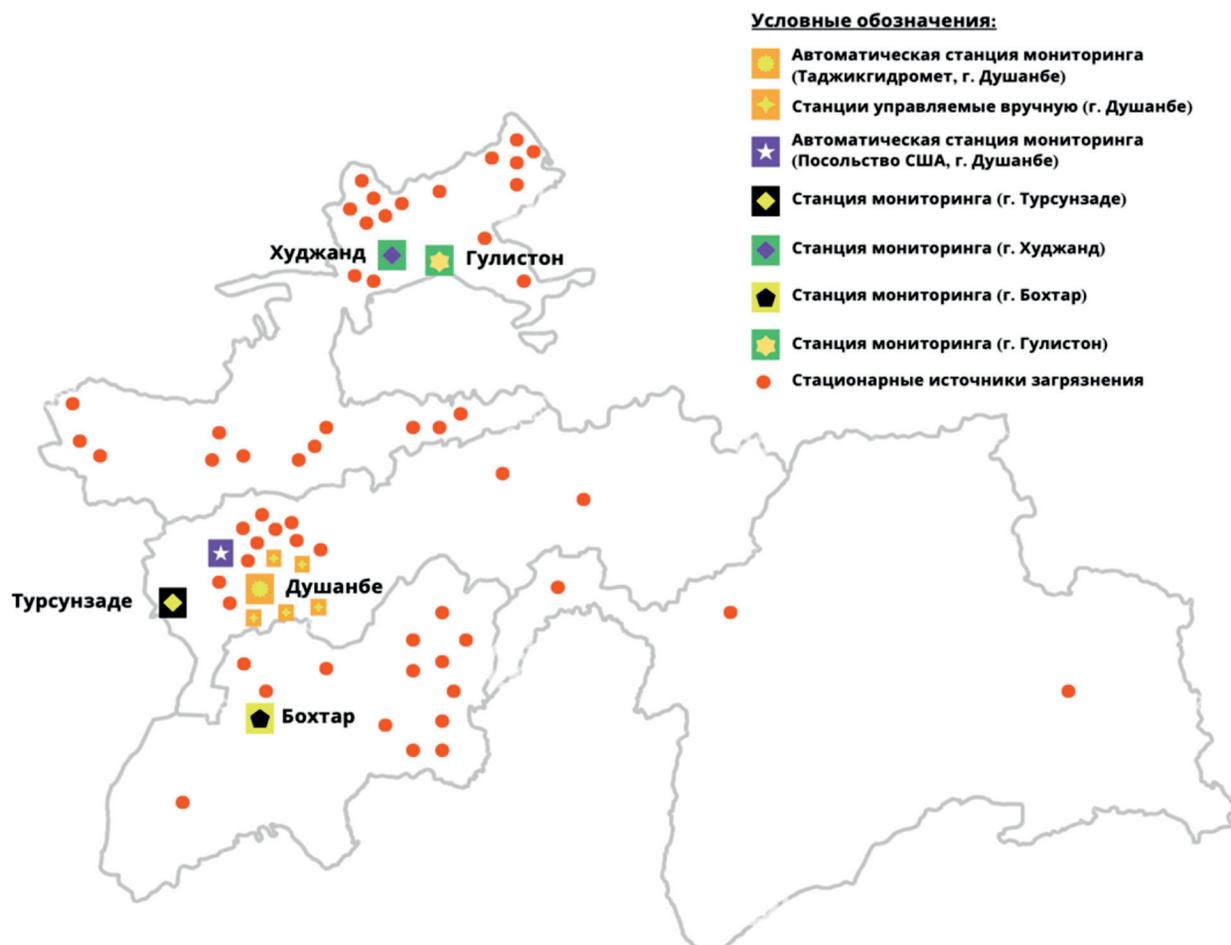


Рис. 1. Расположение станций мониторинга и стационарные источники загрязнения в Республике Таджикистан

В статистическом ежегоднике Республики Таджикистан [13] приводятся данные загрязнения атмосферного воздуха от стационарных источников загрязнения в общем объёме, по ингредиентам, по регионам и количество уловленных вредных веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха.

Динамика изменения общих выбросов твердых, газообразных и жидких веществ в атмосферу приведенные на рисунках 2 и 3 показывают, что наиболее высокий

уровень выбросов твёрдых, газообразных и жидких веществ в атмосферу приходится на 1991 год. Это связано, с тем, что до 1991 года на предприятиях промышленного комплекса республики применялись оборудования и технология 50-60 годов прошлого столетия, в которых в качестве энергоресурсов использовались жидкие и твёрдые топлива с большими выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

В период независимости в структуре промышленности произошли коренные изменения с перепрофилированием про-

изводства и применением новых технологий и оборудований, работающий на электрическом энергии с меньшим выбросом в атмосферу. В результате этого, в период с 1995-2015 гг. произошел спад

выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, далее с повышением объемов производства и развитием промышленного сектора наблюдается рост выбросов в атмосферу.



Рис. 2. Динамика общих выбросов твердых веществ в атмосферу

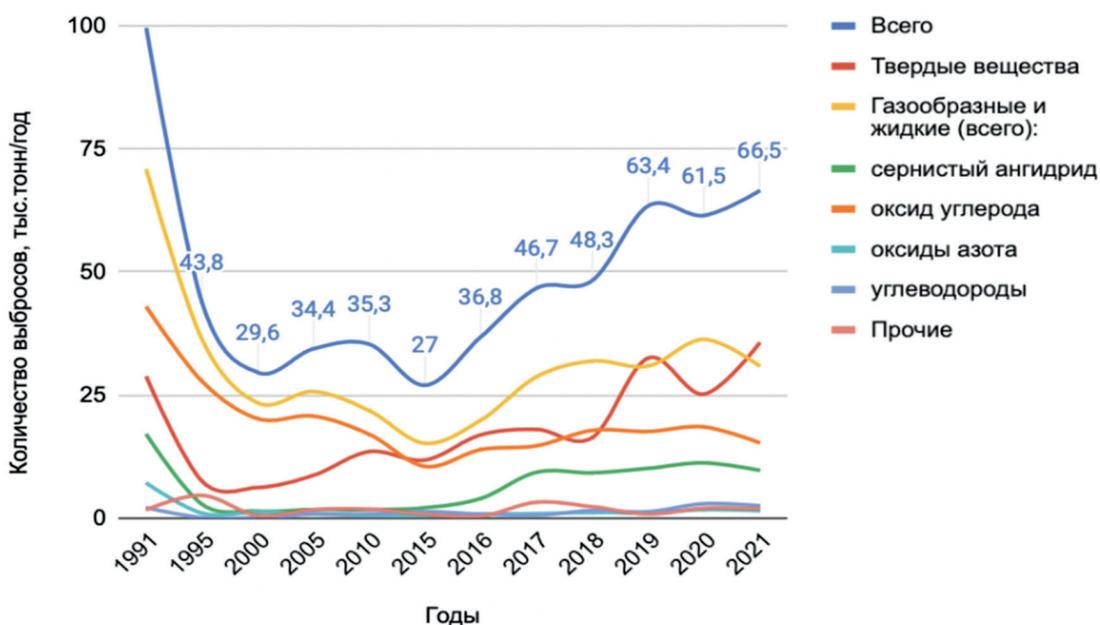


Рис. 3 Динамика общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по ингредиентам

На рисунке 3 приведена динамика общих выбросов загрязняющих веществ по регионам Республики Таджикистан, где из общего объема выбросов вредных ве-

ществ больше всего приходится на Согдийскую область, г. Душанбе и г. Турсунзаде.

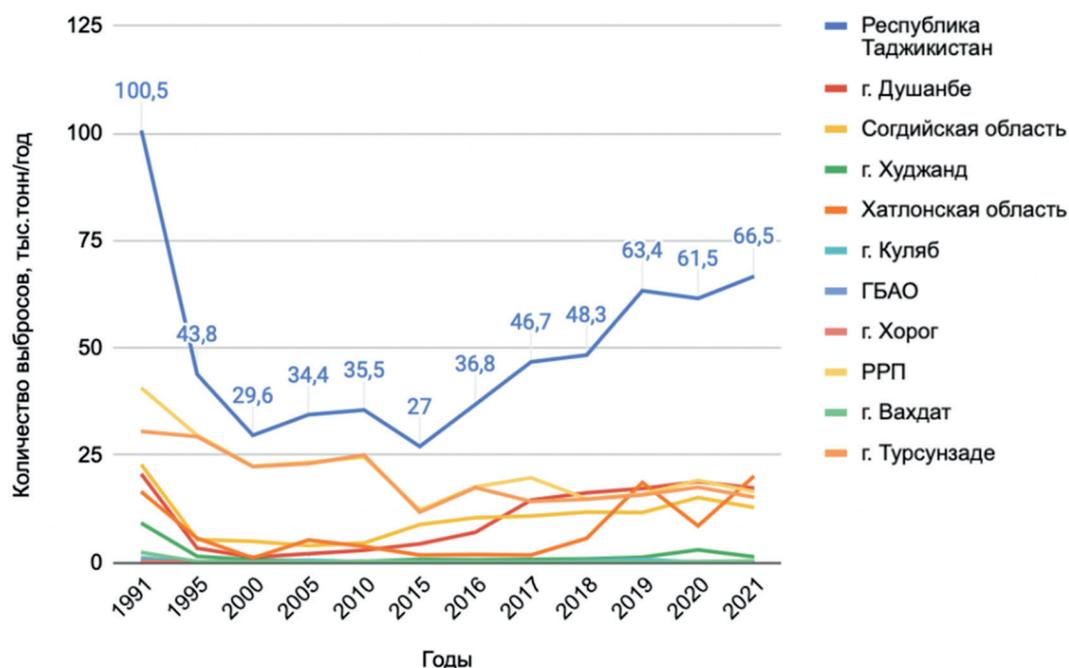


Рис. 4. Динамика общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по регионам

Следует отметить, что представленные статистические данные не отражают полную картину качества атмосферного воздуха, поскольку степень загрязнения атмосферы зависит от множества факторов: величины выбросов загрязняющих веществ, их химического состава, высоты, на которой осуществляются выбросы, географических и климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение веществ в атмосфере.

Статистические данные об атмосферном воздухе содержат информацию только о стационарных источниках загрязнения, что может привести к недостаточному представлению о качестве воздуха в конкретном регионе. Вот несколько проблем, которые могут возникнуть, в связи с этим:

- недостаток данных о различных типах загрязнений: разные источники могут выбрасывать различные виды загрязнителей;

- отсутствие информации о мобильных источниках: автотранспорт, промышленные процессы и другие мобильные источники также вносят существенный вклад в загрязнение воздуха;

- вариабельность времени: загрязнение воздуха может изменяться в зависимости от времени суток, сезона и других факторов;

- невозможность выявления источников краткосрочного воздействия: некоторые события, такие как аварии или внезапные выбросы, могут оказывать краткосрочное, но значительное воздействие на качество воздуха;

- оценка воздействия на здоровье: для определения рисков для здоровья человека необходимо учитывать не только уровни загрязнения, но и характеристики конкретных загрязнителей.

В отчете Всемирного банка приведены результаты исследования по мониторингу качества воздуха и его воздействие на население, распределение выбросов по источникам, мероприятия по сокращению выбросов и даны рекомендации по совершенствованию мер политики в области управления качеством атмосферного воздуха в Республике Таджикистан [8]. В качестве приоритетных загрязнителей были выбраны мелкие (PM2.5) и крупные частицы пыли (PM10), оксиды азота

(NO<sub>x</sub>) и диоксид серы (SO<sub>2</sub>), из-за их большого влияния на здоровье человека.

Для анализа текущего состояния качества воздуха были использованы данные со станций наблюдения, расположенных в г. Душанбе и глобальных моделей на основе спутниковых измерений и модельных оценок. Данные по распределению источников загрязнения и формирования среднегодовой концентрации PM<sub>2.5</sub> в г. Душанбе показали, что наибольший вклад вносит пыль, переносимая ветром 33%, и отопление индивидуальных жилых домов 31%, выбросы от сектора энергетики 9%, включая центральные тепловые станции, отходы 7%, промышленность 4% и транспорт 3% [8]. В качестве рекомендации для улучшения управления качеством воздуха, наряду с принятием институциональных, политических и нормативных мер, предлагается техническое совершенствование системы мониторинга и оценки, а также мер по сокращению выбросов в различных секторах экономики.

Учет всех факторов возможно тогда, когда в системе мониторинга атмосферного воздуха применяются современные автоматизированные комплексы, где для прогнозирования качества атмосферного воздуха используются различные подходы и модели.

Совершенствование системы мониторинга качества атмосферного воздуха. Для прогнозирования качества атмосферного воздуха используются различные подходы и модели. Существует три основных вида моделей для прогнозирования загрязнения воздуха: статистические, интеллектуальные и гибридные [13]. Статистические модели в основном учитывают статистическую взаимосвязь между концентрацией загрязнителей воздуха и историческими данными о различных влияющих факторах и устанавливаются с использованием математико-статистических методов. Интеллектуальные модели учитывают источники загрязнителей

(например, промышленные предприятия, транспорт, техногенные аварии, природные источники, такие как лесные пожары и т.д.). Следует отметить, что данные о состоянии атмосферного воздуха, полученные с помощью прогностического моделирования, имеют значительное сходство с данными, полученными на основе натуральных измерений, поэтому использование широкой сети станций измерения позволяет получить наиболее точные данные о концентрации загрязнителей атмосферного воздуха в текущий период времени [4].

С развитием технологий Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (ИИ) и облачных вычислений появились новые возможности для создания интегрированных систем мониторинга атмосферного воздуха [14].

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) — это множество физических объектов, подключенных к интернету и обменивающихся данными. Концепция IoT может существенно улучшить многие сферы нашей жизни и помочь нам в создании более удобного, умного и безопасного мира [15]. Примеры Интернета вещей варьируются от носимых вещей, таких как умные часы, до умного дома, который умеет, например, контролировать и автоматически менять степень освещения и отопления.

Сети датчиков, установленных в городах и на промышленных объектах, собирают данные в реальном времени, предоставляя детальную информацию о содержании вредных веществ в воздухе. Размещение сенсоров по всему городу позволит создать плотную сеть мониторинга для измерения концентрации загрязнителей в реальном времени. Следует выделить два типа сенсоров:

- газовые сенсоры: используются для измерения концентрации газов, таких как NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, и O<sub>3</sub>. Высокочувствительные газовые сенсоры обеспе-

чивают точные данные о составе атмосферы.

- сенсоры твердых частиц (PM): включают в себя сенсоры, способные измерять PM<sub>2.5</sub> (мелкие частицы пыли) и PM<sub>10</sub> (крупные частицы пыли), что позволяет отслеживать воздействие мельчайших частиц на здоровье людей.

Сенсоры, следует распределить горизонтально и вертикально. При горизонтальном распределении сенсоры размещаются по всему городу, включая центральные улицы, промышленные зоны, пригороды и зоны с повышенной плотностью населения, что обеспечивает полное покрытие города и учет различных источников загрязнений. А при вертикальном распределении сенсоры устанавливаются на различных высотах, что позволяет учесть влияние вертикального перемещения загрязнителей и создать более детальную картину качества воздуха в разных слоях атмосферы.

Сенсоры оснащены беспроводными технологиями связи такими как IoT-связь и сети низкого энергопотребления (Low-Power Networks). Технология Интернет вещей (IoT) позволяет осуществить беспроводную передачу данных в центральную систему мониторинга в режиме реального времени, что обеспечивает оперативный сбор и анализ информации. В свою очередь, применение энергоэффективных технологий связи, таких как LoRa (Long Range) или NB-IoT (Narrowband IoT), позволяет сэкономить энергию сенсоров и обеспечивает долгий срок службы батарей.

Использование передовых сенсорных технологий с высокой точностью измерений, энергоэффективностью и распределением по всему городу создает основу для эффективной системы мониторинга атмосферного воздуха. Эти технологии обеспечивают надежную основу для других компонентов интегрированной

системы мониторинга, позволяя точно отслеживать и анализировать уровни загрязнений в реальном времени.

Интегрированный подход также включает в себя вовлечение общественности. Цифровые платформы и мобильные приложения могут предоставлять жителям информацию о качестве воздуха в реальном времени. Это не только повышает осведомленность граждан о состоянии окружающей среды, но и позволяет им принимать активное участие в улучшении ситуации.

Обратная связь от общественности также является важным источником данных для улучшения алгоритмов и моделей мониторинга. В конечном итоге, это создает синергию между государственными органами, частным сектором и общественностью в решении проблемы загрязнения воздуха [12].

С развитием технологий и расширением сетей мониторинга можно ожидать улучшения состояния атмосферы в городах и промышленных районах. Интегрированные подходы к мониторингу атмосферного воздуха не только предоставляют более точные данные, но и стимулируют разработку новых технологий и инновационных решений в области охраны окружающей среды.

Выводы. Загрязнение атмосферного воздуха влияет не только на качество жизни, но и имеет экономические последствия. Для снижения риска ухудшения качества атмосферного воздуха, странами исходя из своих экономических возможностей реализуется комплекс мероприятий, направленных на усиление контроля за качеством атмосферного воздуха и снижением уровня загрязнения.

В Республике Таджикистан наряду с другими странами Центральной Азии на законодательном уровне организован экологический мониторинг окружающей среды. На его основе проводится мониторинг за уровнем загрязнения атмосферы

ры в пяти регионах страны с помощью стационарных наблюдательных пунктов в городах Душанбе, Бохтар, Турсунзаде, Худжанд и Гулистон. По результатам проведенных замеров контролируемых загрязнителей, после их обработки составляется информация по качеству атмосферного воздуха. В тоже время, существующая система мониторинга качества воздуха, недостаточно комплексная, чтобы охватить различные территории и источники загрязнения, в том числе передвижных, не только по городу Душанбе, но и в других районах страны, а также улучшить доступность необходимой информации о качестве атмосферного воздуха для общественности.

Поэтому совершенствование системы мониторинга качества атмосферного воздуха с применением современных моделей и технологий обеспечивает получение более точные данные и комплексного учета всех факторов окружающей среды.

#### **Литература**

1. Всемирная организация здравоохранения. Загрязнение атмосферного воздуха. Информационный бюллетень ВОЗ. <https://www.who.int/ru/> [Internet]. [дата обращения: 31.03.2023]. Доступ по ссылке: [https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
2. Dominski F.H., Branco J.H., Buonanno G., et al. Effects of air pollution on health: a mapping review of systematic reviews and meta-analyses // *Environ Res.* 2021. Vol. 201. P. 111487. doi: 10.1016/j.envres.2021.111487
3. Всемирная организация здравоохранения. Глобальные рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц (ТЧ<sub>2,5</sub> и ТЧ<sub>10</sub>), озона, двуокиси азота, двуокиси серы и окиси углерода [интернет]. 2021. Дата обращения: 31.03.2023. Доступ по ссылке: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240035409-rus.pdf>
4. Поздняков М.В., Мазиллов С.И., Райкова С.В., и др. Оценка качества атмосферного воздуха в разных странах (обзор) // *Экология человека.* 2023. Т. 30, № 5. С. 325–339. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco456406>
5. Анализ мониторинга качества воздуха в Центральной Азии (Аналитический доклад). Казахстан. 2021. 17 с.
6. Агентство по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан. <https://www.meteo.tj/ru/environmental-monitoring>
7. Станция наблюдения атмосферы Посольство США в г. Душанбе.
8. <https://aqicn.org/city/tajikistan/dushanbe/us-embassy/ru/>
9. «Всемирный банк. 2023 год. Управление качеством воздуха в Республике Таджикистан. ©Всемирный банк».
10. Программа ускоренной индустриализации Республики Таджикистан на 2020-2025 годы. г. Душанбе, 2020 – 138 с.
11. План действий «Зеленый город» (ПДЗГ), Душанбе. © 2022 АЕСОМ Limited.
12. Национальный план действий Республики Таджикистан по предупреждению и смягчению последствий песчаных пыльных бурь на 2022-2030 годы. Душанбе-Алматы. 2021 – 70 с.
13. Хакдод М.М., Амирзода О.Х., Хакдодов А.М. Современные научные подходы к решению экологических проблем в условиях Таджикистана/ Научный журнал Водные ресурсы, энергетика и экология Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – Душанбе, 2023, №3 (3), С. 193-200.
14. Liu H., Yin S., Chen C., Duan Z. Data multi-scale decomposition strategies for

- air pollution forecasting: a comprehensive review // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 277. P. 124023. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124023
15. А. Ю. Исхаков, А. О. Исхакова, С. К. Диане, Концепция мультиагентной системы мониторинга «умного города», Известия Кабардино-Балкарского научно-учного центра РАН, 2018, выпуск 62, 196–202
16. Что такое IoT и что о нем следует знать / [Электронный ресурс] // Хабр: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/549550/> (дата обращения: 26.12.2023).

## ДАР БОРАИ ТАКМИЛ ДОДАНИ СИСТЕМАИ МОНИТОРИНГИ СИФАТИ ҲАВОИ АТМОСФЕРА

*Ҳақдодов А.М., Амирзода О.Ҳ., Ҳақдод М.М.*

**Аннотатсия.** Дар мақола таҳқиқот оид ба ҳолати кунунии системаи мониторинги экологӣ ва баҳодиҳии сифати ҳавои атмосфера дар шароити Тоҷикистон оварда шудааст. Баъзе нора-соиҳо дар ташикли мониторинги сифати ҳавои атмосфера, дараҷаи ҷиҳозонидан бо системаҳои ҳозиразамони автоматӣ, бо шабакаҳои мушоҳидаи атмосфера фаро гирифтани ҳудуди кишвар, бамеъёрдарории моддаҳои ифлоскунандаи атмосфера ва усулҳои муайян намудани сифати ҳавои атмосфера аз манъбаҳои гуногун муайян карда шудаанд. Дар асоси тадқиқотҳои гузаронидашуда, бо назардошти таҷрибаи ҷаҳонӣ, тадбирҳо оид ба такмили системаи мониторинги муҳити зист бо истифода аз усулҳои муосир ва моделҳои компютерӣ тавсия дода мешаванд.

**Калидвожаҳо:** мониторинги экологӣ, сифати ҳавои атмосфера, саноатикунонӣ, «шаҳри сабз», ифлосшавии атмосфера, моддаҳои ифлоскунанда, бамеъёрдарарорӣ, ҳадди ҷоизи гилзат, моделҳои компютерӣ, системаи Интернетии ашё (IoT).

## ON IMPROVING THE SYSTEM FOR MONITORING ATMOSPHERIC AIR QUALITY

*Haqdodov A.M., Amirzoda O.Kh., Haqdod M.M.*

**Annotation.** The article presents studies of the current state of the system of environmental monitoring and assessment of atmospheric air quality in the conditions of Tajikistan. Some short-comings have been identified in the organization of monitoring of atmospheric air quality, the level of equipment with modern automatic systems, the coverage of the country by atmospheric observation networks, the efficiency of emissions of pollutants into the atmosphere and methods for determining the quality of atmospheric air, taking into account various restrictions. Based on the research conducted, taking into account international experience, measures to improve the environmental monitoring system using modern methods and computer models are recommended.

**Key words:** environmental monitoring, atmospheric air quality, industrialization, «green city», air pollution, pollutants, regulation, maximum permissible concentration, Internet of Things (IoT) system.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Ҳақдодов Акбарҷон Маҳмадиарифович, унвонҷуи Институти масълаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. E-mail: [hakdodovakbar@gmail.com](mailto:hakdodovakbar@gmail.com). Амирзода Ориф Ҳамид, доктори илмҳои техникӣ, дотсент, директори Институти масълаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. E-mail: [orif2000@mail.ru](mailto:orif2000@mail.ru). Ҳақдод Маҳмадиариф Маҳмуд, доктори илмҳои техникӣ, профессор, сарҳодими илми Институти масълаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. E-mail: [mkhakdodov@mail.ru](mailto:mkhakdodov@mail.ru).

**Сведения об авторах:** Хақдодов Акбардҷон Маҳмадиарифович, соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. E-mail: [hakdodovakbar@gmail.com](mailto:hakdodovakbar@gmail.com). Амирзода Ориф Ҳамид

- доктор технических наук, доцент, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. E-mail: orif2000@mail.ru, Хақдод Махмадшариф Махмуд, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. E-mail: mkhakhododov@mail.ru.

**Information about the authors:** Haqdodov Akbarjon Mahmadsarifovich – applicant at the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National academy of science of Tajikistan E-mail: hakdodovakbar@gmail.com. Amirzoda Orif Hamid- doctor of technical sciences, senior associate professor, director at the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National academy of science of Tajikistan. E-mail: orif2000@mail.ru, Haqdod Mahmadsarif Mahmud - doctor of technical sciences, professor, senior headresearcher at the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National academy of science of Tajikistan. E-mail: mkhakhododov@mail.ru.

УДК 551.521.3: 551.583

## АЭРОЗОЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ Г. ДУШАНБЕ

*Абдуллозода С.Ф., Азизова Ш.М., Абдуллоева С.Дж., Холмуродов М.*

*Физико-технический институт им. С.У. Умарова  
Национальной академии наук Таджикистана*

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследования аэрозольного загрязнения атмосферы г. Душанбе при пылевых вторжениях. Установлено, что коэффициент корреляции между концентрацией твердых взвешенных частиц в атмосфере диаметром до 10 мкм (PM10) с аэрозольной оптической толщиной (АОТ) в период с июля 2014 года по январь 2015 года, составляет 0.98. Обнаружено высокое значение PM10 (688 мкг/м<sup>3</sup>) при оптической толщине 2.76 в период пылевого вторжения. Величина PM10 при значениях оптической толщины выше 0.5 можно отнести к аэрозольному загрязнению атмосферы. При пылевых вторжениях среднесуточное значение PM10 превышает стандарты Европейского Союза (ЕС) до 20 раз, а стандарты ВОЗ до 27 раз. С учетом коэффициента корреляции PM10 с АОТ восстановлены среднемесячные данные по вариации PM10 из базы данных оптической толщины, полученные по программе АЭРОНЕТ и измеренные в городе Душанбе с 2010 г. по 2015 г.

**Ключевые слова:** аэрозольное загрязнение атмосферы, коэффициент корреляции, аэрозольная оптическая толщина, концентрация твердых частиц, пылевая буря, пылевая мгла.

**ВВЕДЕНИЕ.** Актуальность проблемы. Республика Таджикистан расположена в глобальном пылевом поясе, в непосредственной близости с основными источниками пыли, как пустыня Такла-Макан, пустыня Аралкум, высыхающее Аральское море, к востоку от Каспийского моря, пустыни Кызылкум, Каракум и Иранские пустыни Дашти Кабир и Дашти Лут, а также пустыня Сахара. Образующиеся пылевые бури из этих пустынь в конечном итоге вторгаются на территорию Таджикистана через юго-западные границы страны (среди народа, называемый «Афганец») и г. Душанбе, окруженный горами на долгое время остается в атмосфере этих пылевых бурь, что суще-

ственно загрязняет атмосферу города. По-этому Таджикистан часто страдает от тяжелых последствий вторжения пыли из сопредельных государств. Вся Центральная Азия, особенно Таджикистан, сильно страдает от изменения климата. ООН включил Таджикистан в список первых десятков стран, наиболее уязвимых к изменению климата. Например, драматическое таяние ледников в последние четверть века сильно влияет на водные ресурсы Таджикистана и всей Центральной Азии в целом, поскольку трансрегиональные жизненно важные реки Амударья и Сырдарья питаются талой водой этих ледников.

Поэтому исследование аэрозольного загрязнения атмосферы Таджикистана необходимо для понимания и решения проблемы регионального и глобального трансграничного переноса пылевой бури, а также её влияния на радиационный баланс, образование облаков и т.д.

Цель исследования – исследование аэрозольного загрязнения атмосферы при пылевых вторжениях на территорию г. Душанбе.

Природный атмосферный аэрозоль является аэродисперсной системой, существующей в виде твёрдых и жидких частиц, витающих в атмосферном воздухе в хаотическом движении.

В атмосферном воздухе аэрозоль, парниковые газы и облачность играют важную роль в экологических, климатических, радиационных и геофизических процессах на Земле [1-8].

Отметим, что при возникновении мощных ветров вихревого и порывистого характера в воздухе находится в состоянии хаотического движения огромное количество пыли, песка и иных твердых веществ, ухудшающих дальность видимости примерно в один и два километра, а в некоторых случаях, даже в сотни метров и это явление принято называть пылевой бурей (ПБ).

Если в атмосферном воздухе витают различные твердые частицы, которые уменьшают дальность видимости примерно в 1 – 4 километров, а иногда и менее, то с восходящими мощными потоками пылевые образования достигают высот трёх и четырёх километров, а иногда 5 – 7 километров и более, то это явление принято именовать пылевой мглой (ПМ).

Одними из первых работ по изучению проблем, связанных с ПБ и пылевой мглой (ПМ) в Центральной Азии, являются работы Каретниковой К.А., Джорджио В.А., Романова Н.Н., Бугаева В.А. [9–12].

Отметим интересный исторический факт, связанный с тем, что жители Респу-

блики Таджикистан, живущие в густонаселенных районах, а именно, на его южных границах, хорошо знакомы с таким естественным природным явлением как аэрозольное пылевое вторжение, именуемое в народе «афганец». По их визуальным наблюдениям они считали, что эти вторжения в виде пылевых бурь (ПБ) и пылевой мглы (ПМ) возникают, распространяются и далее поступают в Таджикистан с территории Афганистана. Само это название, «афганец», в какой-то степени объясняет суть заблуждения, так как на самом деле ПБ и ПМ поступают на территорию Таджикистана из самых отдаленных и различных районов земного шара, даже из Африки.

Аэрозоли и малые газовые примеси, как динамические компоненты в атмосфере, в конечном счете, могут оказывать существенное влияние на возможные изменения климата и погоды, экологию и загрязнение окружающей среды. В связи с этим, остро стоит проблема учета динамических изменений с всё возрастающей ролью аэрозольной составляющей на Земле. Этот факт, естественно, подчеркивает актуальность проводимых исследований в этом направлении. Следует также учитывать проблему влияния на климатические процессы атмосферных аэрозолей и с точки зрения их пространственной и временной изменчивости, а также восполнить недостаток полных экспериментальных данных. Эти данные необходимы для моделирования структуры атмосферных аэрозолей и их влияние на климатические изменения, а также для понимания и заключения выводов о глобальных трендах динамического состояния атмосферных аэрозолей, что в свою очередь требует дальнейшего развития экспериментальных методов аэрозольного мониторинга, как регионального [13], так и глобального масштабов [7].

Для осуществления моделирования аэрозольных процессов и структур и для

получения огромного массива экспериментальных данных в различных регионах нашей планеты успешно используется Международная сеть АЭРОНЕТ, которая с 2010 года и по настоящее время внедрена и функционирует в Таджикистане.

Внедрение и функционирование Международной сети АЭРОНЕТ, естественно, может на достаточно высоком уровне способствовать разрешению ряда задач климатических и экологических проблем.

Следует отметить, что для моделирования аэрозольных процессов и структур также используется богатый материал данных Международных актинометрических сетей [14], которые наряду с данными Международных сетей АЭРОНЕТ, могут также успешно применяться для решения задач проблемы изменения климата, как в рамках регионального масштаба, так и глобального масштаба на Земле.

Материалы экспериментальных исследований, проводимые в Таджикистане в период с 1980 по 2019 годы и полученные на их основе в рамках динамических, оптических, микрофизических и оптиколокационных (лидарных) измерений основных характеристик аридного аэрозоля статистически обширные и уникальные экспериментальные данные, являются своевременными и очень важными. Результаты этих экспериментальных исследований могут быть использованы для решения ряда задач в области климатологии, экологии, моделировании процессов, происходящих в атмосфере, как на уровне региона, так и в глобальном масштабе.

Результаты исследований в рамках данной работы, в частности, могут быть использованы и используются для анализа степени аэрозольного загрязнения атмосферы города Душанбе и областей Таджикистана и отражены в монографиях [15-17]. В дальнейшем, исследования будут рассчитаны таким образом, чтобы охватить и другие регионы Центральной Азии (ЦА). Программа исследований рас-

считана на долгосрочную перспективу.

Проблема климата Земли, его прогноза и возможного управления им представляется важнейшей задачей для человечества и его будущего. Известно, что климат Земли, за период её существования, неоднократно испытывал катастрофические изменения, приводившие к кардинальным изменениям биосферы. Эти катастрофы происходили в результате естественных процессов межпланетарного масштаба (взаимодействие с планетами и астероидами) и глобальных тектонических процессов на Земле. Естественные эволюционные процессы происходят медленно, и они не представляют серьезной угрозы существованию человечества. В противовес этому, процессы, имеющие явно антропогенное происхождение, за достаточно короткий период, из-за интенсивного выброса в атмосферу газовых примесей и возникновения пылевых аэрозолей, существенно изменили климат на Земле [18–19].

Изучение распространения света в атмосфере и на этой основе выявление основных параметров атмосферного аэрозоля путём оптических, микрофизических, оптико-локационных и геофизических исследований на сегодняшний день является весьма актуальной проблемой и непосредственно связано с решением глобальных задач климата и экологии.

Актуальность данных исследований подтверждается также и возросшим интересом к этой проблеме в Таджикистане со стороны зарубежных ученых. Следует особо отметить, что проведение уникального в своём роде экспериментального исследования с помощью многоволнового поляризационного лидара комбинационного рассеяния света для определения характеристик высотного профиля при дистанционном зондировании атмосферного пылевого аэрозоля и загрязнения атмосферы пылевым аэрозолем в городе Душанбе, в какой-то степени, завершает

цикл работ периода 1980 – 2019 годов. Эти исследования проводились в рамках совместного проекта («Центрально-азиатский пылевой эксперимент (ЦАПЕКС)») в содружестве с учеными из Федеративной Республики Германии (ФРГ).

Экспериментальная установка и методика измерения. Для решения задач, связанных с долговременным непрерывным мониторингом дисперсности аэрозольных частиц размерами менее 10 микрометров (PM10) в атмосфере и накоплением экспериментальных данных, на территории нашего института в городе Душанбе,

с координатами: широтой - 380 33' с.ш., долготой - 68047' в.д., и высотой 867 м над ур. м., был установлен средний по объему автоматический пробоотборник MVS6D D-10623 производства Германии (рис. 1.).

Сбор проб аэрозольных частиц пробоотборником производился со скоростью 2.3 л/мин в стандартных бумажных фильтрах диаметром 47 мм и с 10 микрометром размером пор в соответствии со стандартом Европейского Союза. Сбор проб производился в течение 24 часов с интервалом в каждые три дня.



*Рис. 1. Средний по объему автоматический пробоотборник с 10 микрометром размером пор (PM10).*

Начиная с июля месяца 2014 года, на базе полученных экспериментальных данных с использованием пробоотборника

на станции атмосферного мониторинга нашего института проводились регулярные исследования концентрации массо-

вого содержания частиц аэрозолей. Для определения массы осажденного аэрозоля первоначально производилось взвешивание на аналитических весах чистых фильтров, а затем после сбора проб с осажденными на фильтрах частицами аэрозолей, производилось повторное взвешивание. Величина концентрации массового содержания аэрозоля (С) в (мкг/м<sup>3</sup>) определялась с помощью формулы:

$$C = m/tv$$

где m - масса аэрозоля (мкг); t - время отбора пробы (секунды); v - скорость потока объёмная (м<sup>3</sup>/с). Таким образом, измерялась зависимость по времени величин концентрации массового содержания аэрозоля.

Вариации среднесуточного значения аэрозольных частиц размером меньше чем 10 микрометров (PM10). Согласно нормам всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) почти 90% населения планеты проживает в местах с опасным уровнем качества воздуха. База данных, собранных в 91 стране на 1600 станциях, свидетельствует о том, что только 12% населения планеты проживает в странах, соответствующих уровню стандарта ВОЗ по качеству воздуха [20].

Одним из лучших индикаторов качества воздуха считается содержание в атмосфере аэрозольных атмосферных частиц размерами менее 10 микрометров и обозначаются как PM10. Их концентрация массового содержания в атмосфере выражается в мкг/м<sup>3</sup>.

Наличие в атмосфере таких веществ как цемент, пыль, дым, зола и сажа, а также присутствие в ней таких химических элементов как фтор, ртуть, свинец, мышьяк, цинк и т.д. можно считать основными загрязнителями атмосферы.

Аэрозоли, образующиеся в атмосфере, имеют антропогенную природу и естественную. Одним из примеров аэрозолей естественного образования может быть процесс эрозии почвы. Антропогенным источником

возникновения загрязняющих атмосферу аэрозолей является интенсивная переработка различных видов топлива, а также его активное использование в различных технологических процессах и на транспорте.

Атмосферный воздух и его качество в промышленно развитых городах формируются под воздействием и взаимодействием аэрозолей как антропогенного, так и естественного происхождения. В Таджикистане природная орография региона и различные метеорологические характеристики определяют качество воздуха и загрязнение этого региона в целом. В атмосфере города Душанбе формируются мощные задерживающие инверсионные слои на различных уровнях и на этих уровнях могут образовываться задерживающие воздушные слои. В конечном счете, атмосферные аэрозоли, возникающие и находящиеся в атмосфере, естественным образом уносятся ветром и дождём. Следует отметить, что в атмосфере могут происходить явления его самоочищения естественным способом, но эти явления имеют очень ограниченный характер и поэтому возникает период интенсивного увеличения вредных примесей в атмосфере, который наблюдается во многих загрязненных промышленно развитых городах. Вредные примеси в промышленно развитых городах в некоторых случаях даже могут превышать допустимую норму вредных примесей.

На рис. 2. представлены результаты вариации PM10 с АОТ в период с июля 2014 года по январь 2015 года, коэффициент корреляции, которой составляет 0.98. Обнаружено высокое значение PM10 (688 мкг/м<sup>3</sup>) при оптической толщине 2.76 в период пылевого вторжения. Необходимо отметить, что величина PM10 при значениях оптической толщины выше 0.5 можно отнести к аэрозольному загрязнению атмосферы.

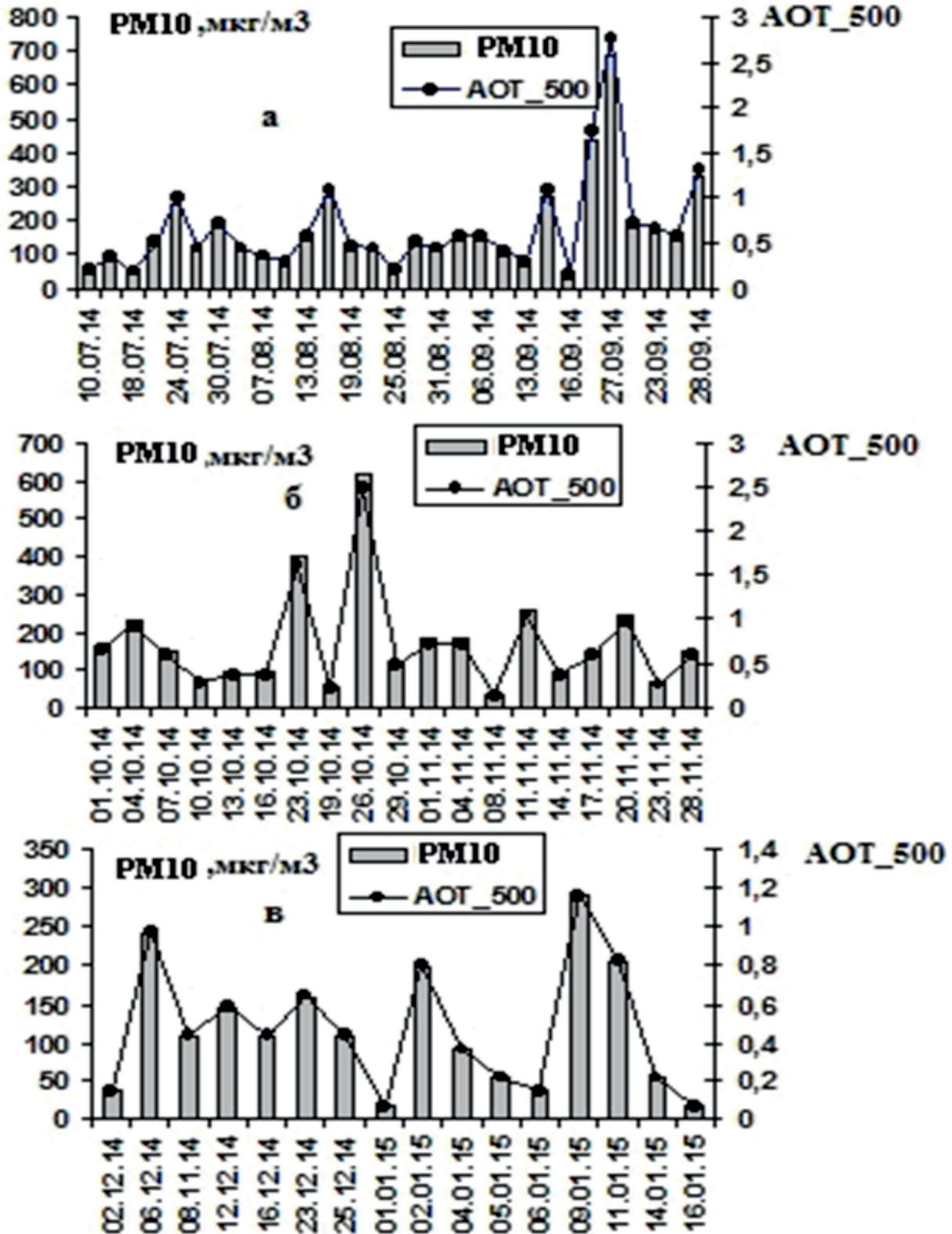


Рис. 2. Восстановленные среднemesячные вариации (PM10) из базы данных AOT, полученных по программе АЭРОНЕТ

При пылевых вторжениях среднесуточное значение (PM10) превышает стандарты Европейского Союза (ЕС) до 20 раз, а стандарты ВОЗ до 27 раз (рис. 3).

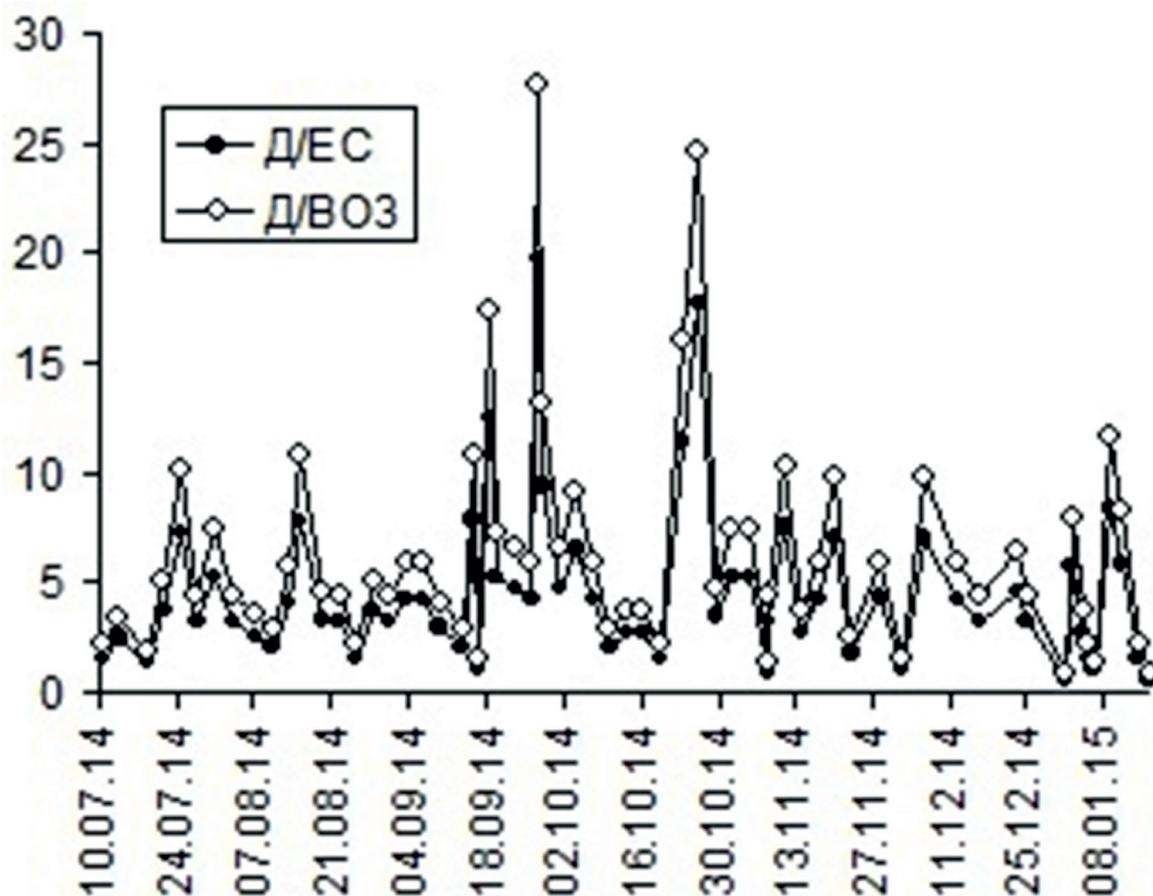


Рис. 3. Динамика изменения среднесуточного соотношения (PM10) согласно нормам ЕС и ВОЗ.

С учетом коэффициента корреляции (PM10) с АОТ восстановлены среднемесячные данные по вариации (PM10) из базы данных оптической толщины, полученные по программе АЭРОНЕТ и измеренные в городе Душанбе с 2010 г. по 2015 г. (рис. 4.).

Среднемесячные данные по вариации (PM10) указывают на его варьирование в диапазоне от 58 мкг/м<sup>3</sup> до 102 мкг/м<sup>3</sup> при среднем 72 мкг/м<sup>3</sup> для 2010 года, среднегодовые значения (PM10) превышают стандарты ЕС – 2,9 раза, а стандарты ВОЗ – 7,3 раза.

Для 2011 года среднемесячная вариация (PM10) находится в диапазоне от 67

мкг/м<sup>3</sup> до 107 мкг/м<sup>3</sup> при среднем значении 67 мкг/м<sup>3</sup>, среднегодовые значения (PM10) превышают нормы ЕС – 2,1 раза, а нормы ВОЗ - 6,7 раза.

Среднемесячные значения (PM10) за 2012 год варьируют в диапазоне от 25 мкг/м<sup>3</sup> до 84 мкг/м<sup>3</sup> при среднем 83 мкг/м<sup>3</sup>, среднегодовые значения PM(10) превышают нормы ЕС - 2,1 раза, а нормы ВОЗ превышают - 5,2 раза.

Для 2013 года среднемесячные значения (PM10) расположены в диапазоне от 43 мкг/м<sup>3</sup> до 85 мкг/м<sup>3</sup> при среднем 59 мкг/м<sup>3</sup>, среднегодовые значения (PM10) превышают нормы ЕС - 2,4 раза, а нормы ВОЗ - 5,9 раза.

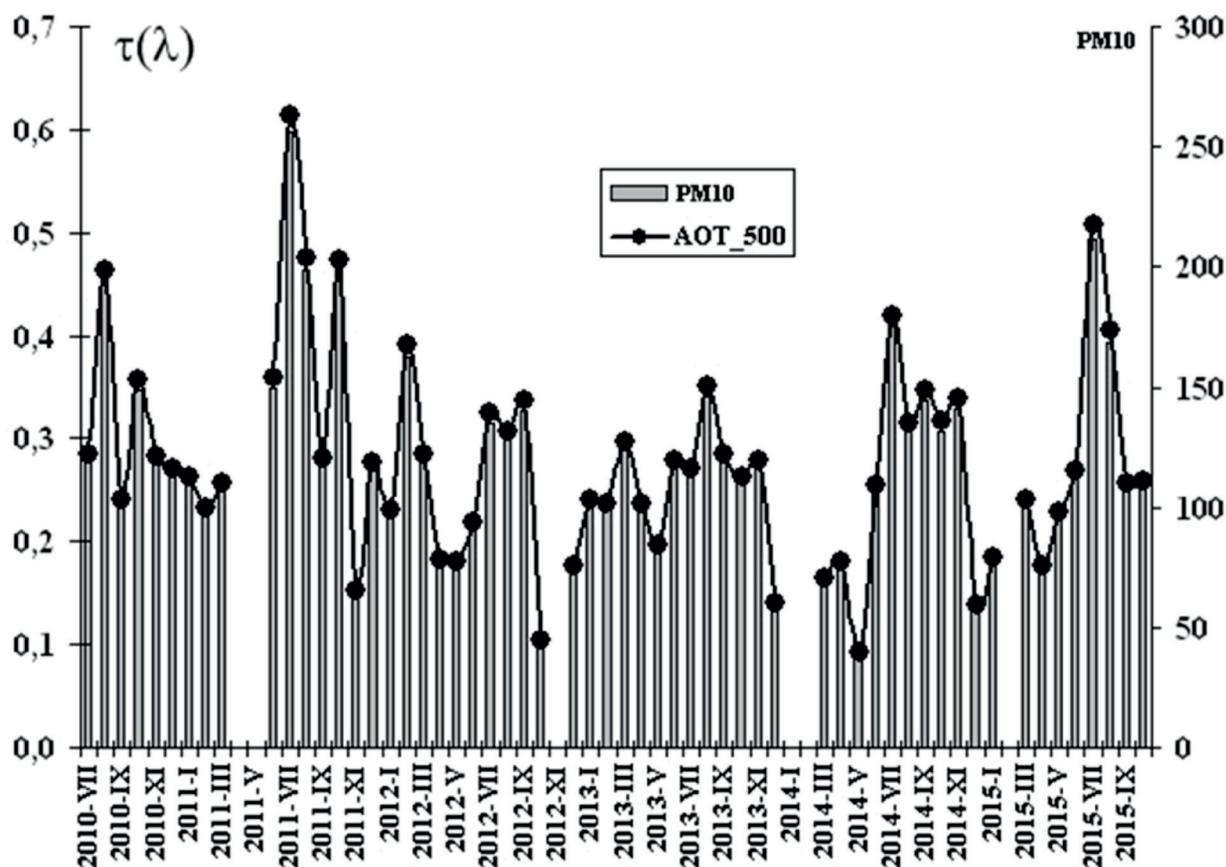


Рис. 4. Среднемесячные данные вариации (PM10), восстановленные из базы данных оптической толщины атмосферы за период 2010-2015 гг.

Следует отметить, что за исключением 2012 года, где среднегодовой максимум (PM10) приходится на сентябрь месяц, в остальные годы максимум соответствуют августу месяцу.

Подытоживая вышесказанное, можно сказать, что среднесуточные значения (PM10) при пылевых вторжениях превышают стандарты ЕС и ВОЗ в 20-27 раз. Среднегодовые значения (PM10) превышают нормы ЕС в 2-3 раза, а нормы ВОЗ превышают 5-7 раза.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кондратьев, К.Я. Первый глобальный эксперимент ПИГАП/ К.Я. Кондратьев, В.Ф. Жвалев «Аэрозоль и Климат» Изд. Гидрометеоздат. -1976. -239 с.
2. Лифшиц, Г.Ш. Рассеяние света в атмосфере / Г.Ш. Лифшиц // Алма-Ата. Наука - 1965. - 177 с.

3. Аэрозоль и климат // Под редакцией К. Я.Кондратьева. Л. Гидрометеоздат.- 1991. -541 с.
4. Ивлев, Л.С. Химический состав и структура атмосферных аэрозолей / Л.С. Ивлев // Л. Изд.-во ЛГУ. - 1982. - 368 с.
5. Обухов, А.М. Возможные атмосферные последствия ядерного конфликта / А.М. Обухов, Г.С. Голицын // Земля и вселенная - 1983. - № 6. - 280 с.
6. Голицын, Г.С., Шукуров А.Х. // Температурные эффекты пылевого аэрозоля на примере пылевых бурь Таджикистана / Г.С. Голицын, Шукуров // ДАН СССР. - 1987. - Т. 297. - № 6. - С. 1334 - 1337.
7. Хакдод, М.М. Хакдодов Современные научные подходы к решению экологических проблем в условиях Таджикистана/ М.М.Хакдод, О.Х. Амирзода,

- А.М. Хакдодов // «Водные ресурсы, энергетика и экология», 2023.- Т.3.- №3.- С.193-200.
8. Садовский, М.А. Явление сбоя равновесного состояния функций температуры и давления в атмосфере и замкнутых объемах перед землетрясениями/ М.А. Садовский, Ю.А. Баннов, К.М. Мирзоев, С.Х. Негматуллаев - В сб.: Прогноз землетрясений, №1, Душанбе, Дониш, - 1985. - №6. - С.242-266.
  9. Каретникова, К.А. Синоптические условия возникновения «Афганца» и некоторые особенности этого явления / К.А. Каретникова // Журнал Геофизика. - 1935. - Т. 5. - С. 36 – 80.
  10. Джорджио, В.А. // Руководство по краткосрочным прогнозам погоды / Джорджио В.А. // Ташкент - 1954. - Ч.П. - С.73 - 77.
  11. Романов, Н.Н. // Пыльные бури в Средней Азии / Н.Н. Романов // Ташкент. - 1960. - 198 с.
  12. Бугаев, В.А., Джорджио В.А. Козин Б.М. и др. / Синоптические процессы Средней Азии / В.А. Бугаев, В.А. Джорджио, Б.М. Козин и др. // Ташкент. - 1957. - 67 с.
  13. Shukurov, A.Kh. On optical depth ratios of dust aerosol in visible and infrared spectra regions / A.Kh. Shukurov, B. I Nazarov, S.F. Abdullaev, S.V. Pirogov // in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. - 1993. - P.83-88.
  14. Сивков, С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации / С.И. Сивков // М. Гидрометеиздат. - 1968. - 232с.
  15. Назаров, Б.И.// Исследования структуры и свойств пылевых и аэрообразующих примесей в аридной зоне юго-восточных районов Центральной Азии и их влияния на региональный климат / Б.И.Назаров, Л.С.Ивлев, С.Ф. Абдуллаев // г. Душанбе. Ирфон, Изд-во «ООО Эр-Граф» ISBN 978-999-0-385-5. - 2015г. - 482с.
  16. Назаров, Б.И. Динамические процессы при пылевых вторжениях Центральной Азии/ Б.И.Назаров, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов // г. Душанбе. Ирфон Изд - во «Эр – Граф». ISBN 978-99975-0-454-8. - 2016. - 380с.
  17. Назаров, Б.И. Атмосферный аэрозоль Центральной Азии / Б.И.Назаров, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов // Душанбе. Ирфон. Изд. ООО «Эр-граф». ISBN 978-99947-988-2-7. - 2016. - 378 с.
  18. Kondratyev, K.Y. Atmospheric aerosol properties / K.Y. Kondratyev, L.S. Ivlev, V.F. Krapivin, C.A. Varostos // Berlin. Springer - 2006. - 595 p.
  19. Ивлев, Л.С. Физика атмосферных аэрозольных систем / Л.С.Ивлев, Ю.А. Довгалюк // - СПб.: НИИХ СПбГУ. - 1999. – 194 с.
  20. Perrino, C.S. Chemical characterization of atmospheric PM in Delhi, India, during different periods of the year including Diwali festival / C.S. Perrino, M. Tiwari S.D. Catrambone et al. // Atmos. Pollut. Res., - 2011. -v. 2(4). - Pp.418-427.

## БО АЭРОЗОЛ И ФЛОСШАВИИ АТМОСФЕРАИ ДУШАНБЕ

*Абдуллозода С.Ф., Азизова Ш.М., Абдуллоева С.Дж., Холмуродов М.*

*Аннотатсия:* Дар мақола натиҷаҳои омӯзиши ифлосшавии аэрозоли атмосфераи Душанбе ҳангоми воридшавии чангу губор оварда шудааст. Муқаррар карда шудааст, ки коэффисиенти алоқамандии байни консентратсияи заррачаҳои сахти муаллақ дар атмосфера бо диаметри то 10 микрон (PM10) бо ғафсии оптикии аэрозолҳо (FOA) дар давраи аз июли соли 2014 то январи соли 2015 ба 0,98 баробар аст. Қимати баланди PM10 (688 мкг/м<sup>3</sup>) ба ғафсии оптикии 2,76 дар давраи воридшавии чанг ошкор карда шуд. Қимати PM10 ки ба қимматҳои ғафсии оптикӣ аз 0,5

баладтар мутобиқат мекунад ба ифлосиавии аэрозолҳои атмосфера мансуб доништа мешавад. Ҳангоми воридоти чангу губор, қимати миёнаи шабонарӯзии  $PM_{10}$  аз стандартҳои Иттиҳоди Аврупо (ИА) то 20 маротиба ва аз стандартҳои СБТ то 27 маротиба зиёдтар аст. Бо дарназардошти коэффисиенти таносубии баланди  $PM_{10}$  бо  $FOA$ , маълумоти миёнаи моҳона оид ба тағирёбии  $PM_{10}$  аз базадодаҳои  $FOA$ , ки бо истифода аз барномаи  $AERONET$  гирифта шуда, дар шаҳри Душанбе аз соли 2010 то 2015 чен карда шудааст, барқарор карда шудааст.

**Вожаҳои калидӣ:** ифлосиавии аэрозоли атмосфера, коэффисиенти коррелятсия, гафсии оптикии аэрозол, консентратсияи заррачаҳо муаллақ, тӯфони чангу губор, абри чангӣ.

## AEROSOL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE IN DUSHANBE

*Abdullozoda S.F., Azizova Sh.M., Abdulloeva S.J., Kholmurodov M.*

**Abstract:** The article presents the results of a study of aerosol pollution of the atmosphere in Dushanbe during dust invasions. It has been established that the correlation coefficient between the concentration of suspended solid particles in the atmosphere with a diameter of up to 10 microns ( $PM_{10}$ ) with aerosol optical depth (AOD) in the period from July 2014 to January 2015 is 0.98. A high value of  $PM_{10}$  ( $688 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) was detected at an optical thickness of 2.76 during the period of dust invasion. The  $PM_{10}$  value at optical thickness values above 0.5 can be attributed to aerosol pollution of the atmosphere. During dust invasions, the daily average  $PM_{10}$  value exceeds European Union (EU) standards by up to 20 times, and WHO standards by up to 27 times. Taking into account the correlation coefficient of  $PM_{10}$  with AOD, the monthly average data on  $PM_{10}$  variation from the optical thickness database, obtained using the  $AERONET$  program and measured in the city of Dushanbe from 2010 to 2015, were restored.

**Key words:** aerosol pollution of the atmosphere, correlation coefficient, aerosol optical thickness, concentration of particulate matter, dust storm, dust haze.

**Сведение об авторах:** Абдуллозода Сабур Фузайл - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ, Тел: +992918177390. E-mail: e-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com., Азизова Шукрона Мухамедовна – магистрантка лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ, Тел: +992938667766. E-mail: shukrona.azizova.01@mail.ru, Абдуллоева Сарвиноз Джамшедовна - докторант PhD лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ, Тел: +992927362200. E-mail: e-mail: sarvinoz@gmail.com Холмуродов Мехрафруз - докторант PhD лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ. E-mail: e-mail: mehrafuz@gmail.com

## МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ В ТАДЖИКИСТАНЕ: ИНТЕГРАЦИЯ БПЛА И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*Сафаров М.С.<sup>1,2</sup>, Фазылов А.Р.<sup>2</sup>, Гулаёзов М.Ш.<sup>1</sup>,  
Наврузшоев Х.Д.<sup>4,5</sup>, Мамаджанов Ю.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды  
Центральной Азии (Душанбе)

<sup>2</sup>Северо-западный Институт экосреды и ресурсов Китайской  
академии наук, Ланчжоу, КНР

<sup>3</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ,

<sup>4</sup>Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников НАНТ

<sup>5</sup>Институт исследования горных сообществ Университета  
Центральной Азии, Душанбе, Таджикистан.

---

**Аннотация.** В Таджикистане опасные природные явления, в том числе сели, представляют значительную угрозу инфраструктуре, а также жизни людей. В последние годы частота и серьезность этих стихийных бедствий возрастают, требующие эффективные стратегии мониторинга и управления. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали незаменимыми инструментами для картирования и исследования стихийных бедствий. Основной задачей настоящих исследований был анализ опасных природных явлений и их картирование, в частности селепроявлений, в горно-предгорной зоне Таджикистана за период с 2020 по 2023 годы. Реализация мониторинга и изучения, этих зон, осуществлена с использованием малогабаритного БПЛА QC-2 Микро с продолжительностью полета более 1 часа, оснащенной камерой Sony RX1R и квадрокоптера DJI Phantom 4. Полевые работы включали проведение аэрофотосъемки последствий схода селевых потоков в Хуросонском и Вахиском районах Хатлонской области, городе Пенджикенте Согдийской области, а также в Таджикабадском, Лахиском и Варзобском районах республиканского подчинения (РРП). Полученные результаты позволяют утверждать, что сели относятся к числу наиболее разрушительных стихийных бедствий, вызывая значительный социально-экономический ущерб и приводящие, к сожалению, к человеческим жертвам. Установлено, что за период 2020-2023гг. селевые потоки были зафиксированы в 49 районах и городах Таджикистана, а сумма ущерба, при этом, составила около 30,2 млн. долларов США. Картирование и мониторинг с использованием БПЛА позволяют получить данные для анализа масштабов ущерба, выявления уязвимых территорий и оказания помощи по реагированию на чрезвычайные ситуации, а также разработать меры по исключению или предотвращению рисков стихийных бедствий. Таким образом, использование современных технологий и технических средств при исследованиях опасных природных явлений в условиях горно-предгорной зоны Таджикистан является актуальной задачей.

**Ключевые слова:** Таджикистан, опасные природные явления, сели, мониторинг, анализ, исследования, управление, дистанционное зондирование Земли, спутники, беспилотные летательные аппараты

Природные опасности, такие как сели, землетрясения и лавины, представляют значительную угрозу для Таджикистана, приводя к разрушительным последствиям для инфраструктуры и населения [1]. Частота и интенсивность этих стихийных бедствий в последние годы возросли [2],

что подчеркивает острую необходимость эффективной стратегии мониторинга и смягчения последствий [3]. Около 85% территории Таджикистана подвержено селевому риску, а 32% территории находятся в зоне повышенного селевого риска [4]. Мониторинг и исследования с приме-

нением современных технологий позволяет получить важную информацию о возникновении, местоположении в том числе зоны формирования и интенсивности селевых потоков [5,6], позволяющие в какой то мере минимизировать ущерб в помощь в организации эвакуации населения из уязвимых районов и оценить масштабы ущерба после селевых явлений [7,8].

В настоящее время исследователи и специалисты Таджикистана, с учетом существующих реалий всё больше и целенаправленнее используют инновационные технологии вообще, и беспилотные летательные аппараты (БПЛА), в частности для картирования и оценки природных опасностей. БПЛА оказались бесценными инструментами [9,10] в мониторинге и анализе селевых явлений, предоставляя важные данные для управления стихийными бедствиями и реагирования на чрезвычайные ситуации. В настоящее время БПЛА повсеместно применяются для картографирования селей и составления специальных карт при исследовании селей и их последствий. Поиск эффективных способов управления повышенного риска стихийных бедствий и совершенствования технологий мониторинга и оценки чрезвычайных ситуаций является важной и актуальной задачей современности [11]. Технологии дистанционного зондирования включая БПЛА, могут способствовать управлению чрезвычайными ситуациями, особенно при вторичных геологидрологических катастрофах [12].

Основной целью наших исследований, результаты которых приведены в данной работе, заключается в ознакомлении с анализом стихийных бедствий в Таджикистане в период с 2020 по 2023 годы, с акцентом на применении использования технологий дистанционного зондирования - БПЛА. В процессе исследований изучены текущее состояние селепроявлений в Таджикистане, оценка их воздействия на население и экономику, а также

выявление уязвимых территорий, подверженных стихийным бедствиям. Использование технологии БПЛА, позволяет получить ценную информацию не только о развитии селей, но также позволяет управлять снижением или исключением рисков стихийных бедствий, оценить масштабы ущерба и отследить следы предыдущих стихийных бедствий способствующие повысить уровень готовности к будущим чрезвычайным ситуациям. Внедрение БПЛА в практику мониторинга и оценки рисков, позволяет в нынешних условиях повысить потенциал реагирования на стихийные бедствия, обеспечивающие безопасность и устойчивость сообществ в Таджикистане.

Краткий обзор проблемы. Нами на фоне возрастающей угрозы стихийных бедствий, особое внимание уделено селепроявлениям на территории Таджикистана, частота и интенсивность которых за последние годы возрастает, создавая значительные риски для инфраструктуры и жизни людей. Использование БПЛА, в том числе QC-2 Micro и квадрокоптер DJI Phantom 4, являются современными технологиями и техническими средствами при картировании и мониторинге стихийных бедствий. Основной задачей настоящих исследований была анализ опасных природных явлений и их картирование, в частности селепроявлений, в горно-предгорной зоне Таджикистана за период с 2020 по 2023 годы. Результаты подчеркивают важность использования современных технологий для эффективного анализа и управления рисками стихийных бедствий в Таджикистане.

#### **Материалы и методы**

Анализ стихийных бедствий в Таджикистане (2020-2023 гг.)

Для анализа стихийных бедствий в Таджикистане, за период с 2020 по 2023 годы, были изучены данные из отчетов Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правитель-

стве Республики Таджикистан (КЧСиГО ПРТ), других ресурсов а также во время собственных полевых работ в зонах подверженных воздействию стихийных бедствий. При этом, осуществлен ежегодный анализ статистических данных количества и видов стихийных бедствий (лавины, сели, землетрясения, сильные ветры, проливные дожди, камнепады, оползни, повышение уровня воды в водохранилищах, грозы и другие). Методика проведения исследований подразумевала сбор и анализ данных о частоте и влиянии стихийных бедствий на различные сектора экономики и население Таджикистана, с установлением финансового ущерба.

Технология БПЛА и Sentinel-2 для картирования и мониторинга бедствий. С начала 2017 г. по настоящее время Научно-исследовательским центром окружающей среды Центральной Азии (Душанбе) совместно с научными учреждениями Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ) и при содействии Комитета по чрезвычайным ситуациям при Правительстве Республики Таджикистан (КЧСиГО ПРТ) осуществляется мониторинг опасных природных явлений (ОПЯ) с использованием БПЛА. В частности, в период 2020-2023 гг. БПЛА были применены при

исследования участков схода селевого потока в Хуросонском районе Хатлонской области (май 2020 г.), Таджикабадском районе (август, 2020 г.), Вахшском районе Хатлонской области (май, 2021 г.), городе Пенджикент Согдийской области (июль, 2021 г.) Лахшском районе (Август, 2022), Варзобском районе (август 2023) и др. (рис. 1).

Мониторинговые исследования зон с селеопасными процессами с использованием БПЛА осуществлялись в разных высотных условиях. В частности, максимальная высота полета при исследовании последствий селепроявления выявленного в селе «Иттифок» сельского джамоата «20-летие независимости Таджикистана» Вахшского района Хатлонской области составляла 684 м над ур. м. а для участка Арчакапа (бассейн ледника Баральмос, в настоящее время называется ледник Саид Нафиси [13] Лахшского района оно составляла 6209 м над ур. м. Обязательными условиями аэрофотосъемки являются поперечное и продольные перекрытия снимков а также и высота полёта которые должны быть запланированы с учётом ландшафта местности.

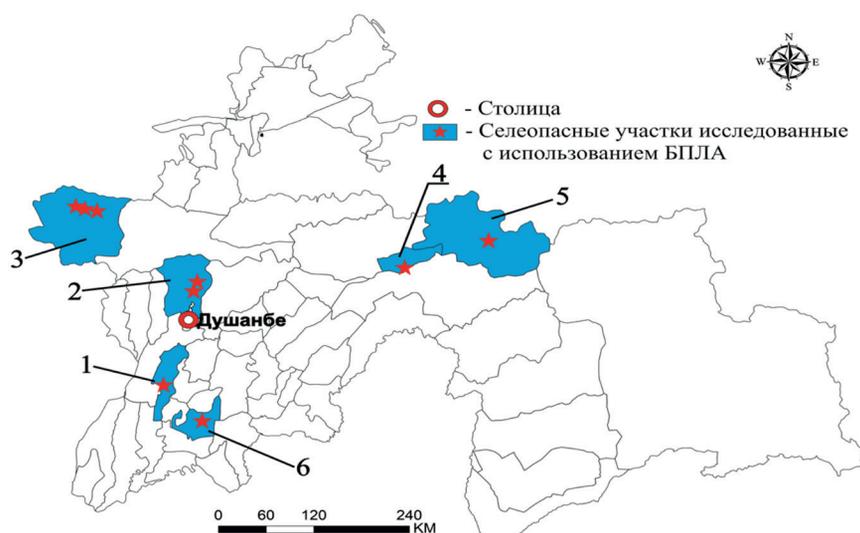


Рисунок 1. Мониторинг селей в Таджикистане с использованием БПЛА в период 2020-2023. 1- Хуросонский район, 2- Варзобский район, 3- город Пенджикент, 4- Таджикабадский район, 5- Лахшский район и 6- Вахшский район

Селеопасные участки исследованные с помощью БПЛА в период 2020-2023 и параметры аэрофотосъемки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Селеопасные участки исследованные с помощью БПЛА в период 2020-2023 и параметры аэрофотосъемки

Название участка	Район/город	Область /Районы республиканского подчинения (РРП)	Бассейн реки	Тип БПЛА	Макс. выс. полета (над ур. м.)	Разрешение ортофотоплана (см/пиксель)	Год
Сельский джамоат Айни	Хурсон	Хатлонская область	Вахш	DJI Phantom, QC-2 Микро	1050	5.62	2020
Участок Марг (бассейн реки Шурак)	Таджикабад	РРП	Вахш (суббассейн Сурхоб)	QC-2 Микро	3300 м	9.33	2020
Село Иттифок	Вахш	Хатлонская область	Вахш	QC-2 Микро	684 м	4.69	2021
Киштудак	Пенджикент	Согдийская область	Зеравшан	QC-2 Микро	3513 м	18.6	2021
Вешист	Пенджикент	Согдийская область	Зеравшан	QC-2 Микро	3308 м	17	2021
Участок Арчакапа	Лахш	РРП	Вахш (суббассейн Сурхоб)	DJI Phantom, QC-2 Микро	6209 м	43	2022
Участок Гусгарф	Варзоб	РРП	Кафирниган	DJI Phantom	1399 м	12.2	2023
50 км автодороги Душанбе - Худжанд	Варзоб	РРП	Кафирниган	DJI Phantom	1922 м	9.8	2023

Аэрофотосъемка и детальное исследование селевых потоков проводились с использованием квадрокоптера DJI Phantom 4 и беспилотного летательного аппарата QC-2 Микро шириной 1,8 м и длиной 1,1 м, имеющим время полета более 1 часа и оснащенным камерой Sony RX1R. На ход полевых работ повлияли различные факторы, в том числе высота полета, влияющая на качество изображе-

ния, плотность воздуха на больших высотах и вероятность внезапных изменений погоды, таких как увеличение скорости ветра, осадков и дождевых облаков. Важно было учитывать радиус полета БПЛА и следить за его состоянием, включая местоположение, скорость, высоту и уровень заряда батареи.

Проблемы, с которыми мы столкнулись во время исследований с использо-

ванием БПЛА, включали поиск подходящей посадочной поверхности, изменение погоды и потерю сигнала из-за гористой местности, блокирующей связь между районом исследования и местом взлета и посадки БПЛА. Алгоритм полевого мониторинга включал выбор оптимального места взлета и посадки, осмотр исследуемой территории на наличие препятствий, проверку предполетных задач, проведение аэрофотосъемки, контроль технического состояния БПЛА, ручную посадку БПЛА, загрузку изображений и POS-данных для обработки. Высота полета и разрешение изображения определялись исходя из целей исследования и природных условий, при этом более высокие масштабы обеспечивают более детальное исследование элементов и процессов селей. Для создания ортофотопланов высокого разрешения и цифровых моделей рельефа [14-15] собранные аэрофотоснимки и данные POS были обработаны с помощью MS Excel и Pix4Dmapper, объединяя все изображения в скоординированный слой для дальнейшего анализа в программном продукте ArcGIS в котором масштабированные фотографии БПЛА и космоснимки с целью оценки изменений до и после прохождения селей можно сравнить

между собой, а также провести нужные нами исследования [16-17]. Также нами в этом исследовании спутниковые снимки Sentinel-2 использовались для анализа выбранных участков с использованием NDWI и NDVI для определения состояния растительности, плотности и наличия водоемов, которые могут влиять на риск селей на исследуемой территории. Например, снижение значений NDVI может сигнализировать о стрессе растительности или изменениях земного покрова, что потенциально повышает риск селей.

Результаты и их обсуждение

Стихийные бедствия в Таджикистане за 2020-2023 гг. и результаты их мониторинга с помощью БПЛА. Полученные результаты позволяют делать вывод от том, что в Таджикистане ежегодно постоянно возникают стихийные бедствия. На рис. 2 представлена информация о стихийных бедствиях в Таджикистане, за период с 2020 - 2023 гг. и было установлено, что 1826 бедствий сопровождалось человеческими жертвами и стали причиной гибели которого погибли 109 человек. Количество бедствий в 2023 г. по сравнению с 2022 г. уменьшилось на 25.1%, а количество селей в 37.9%.

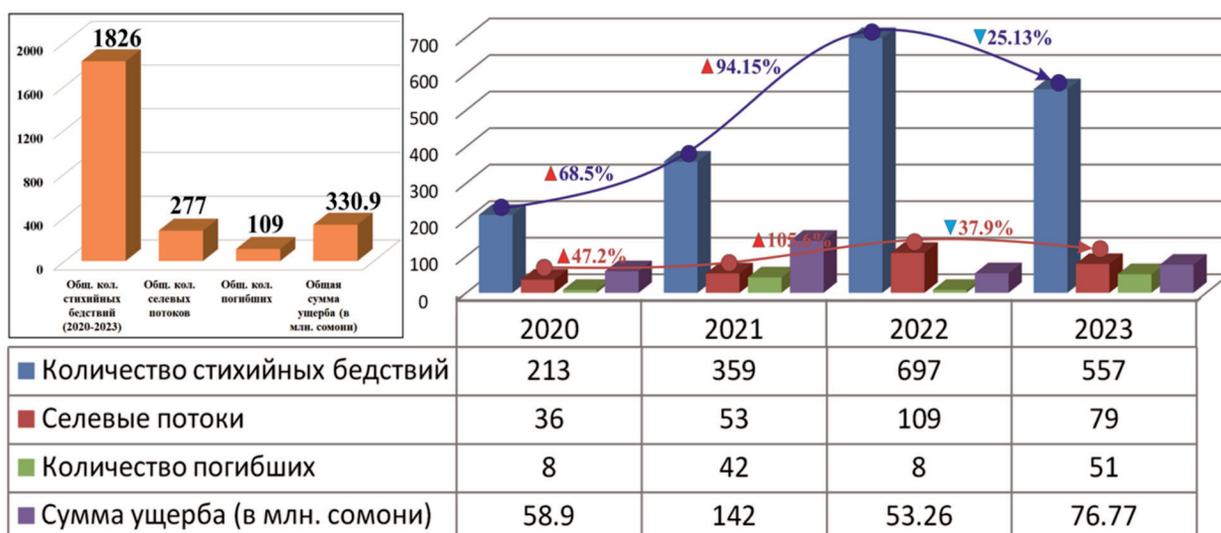


Рисунок 2. Стихийные бедствия в Таджикистане за период 2020-2023гг.

За 2020 г. зарегистрированы 213 чрезвычайных случаев природного характера, в том числе 95 случаев схода лавин, 36 случаев селей, 30 землетрясений, 21 сильных ветров, 9 проливных дождей, 9 камнепадов, 6 оползней, 4 случая подъема уровня воды в водохранилищах и 2 случая грозы. Анализ чрезвычайных ситуаций (ЧС) 2021 года, показал, что на территории республики зарегистрировано 359 стихийных бедствий, в том числе: 153 схода лавин, 53 наводнения, 42 камнепада, 40 сильных ветров, 33 землетрясения, 19 подъемов уровня воды в водохранилищах, 8 проливных дождей, 7 оползней. 1 эрозия почвы с обрушением, 1 сильный холод и 1 гроза с молнией.

Следует отметить, что по данным КЧ-СиГО ПРТ за 2022 г. количество стихийных бедствий составило 697 т.е. на 94,2% больше чем в 2021 г., а количество селей, за тот же период, также увеличилось 2,1 раза. А в 2023 г. в Таджикистане 48 из 557 зафиксированных чрезвычайных природных ситуаций нанесли ущерб населению и экономике страны на сумму 76 млн. 770 тыс. 210 сомони. (Источник: <https://kchs.tj/node/3440?ysclid=lsipuji4n6566877730>).

Относительно ситуации 2020 года, установлено, что сумма ущерба по стихийным бедствиям и катастрофам составила 58 911 400 сомони (5,2 млн. долларов США) из которых 20 289 300 сомони (около 1,79 млн. долларов США) от последствий схода селей (Источники: <https://kchs.tj/node/1875> и <https://avesta.tj/2021/02/11/ushherb-ot-stihijnyh-bedstvij-za-proshlyj-god-v-tadzhikistane-prevysil-5-2-mln/>).

Сумма ущерба по стихийным бедствиям за 2021 г. составила около 142 млн. сомони (12,5 млн. долларов США) из ко-

торых 104 млн. сомони (около 9.1 млн. долларов США) от последствий схода селевых потоков (около 73 %) (Источник: <https://asiaplustj.info/news/tajikistan-security/-20230207/stihiinie-bedstviya-v-tadzhikistane-v-2022-m-godu-nanesli-utsherb-na-sum-mu-svishe-53-milliona-somoni?ysclid=lsippwx29c347714797>) а в 2022 году ущерб, нанесенный стихийными бедствиями Таджикистану, составил сумму в 53 млн 261 тыс. 500 сомони (около 5,2 млн. долларов США). За последние четыре года общая сумма ущерба от природных явлений достигла 330 миллионов 991 тысячу 300 сомони (Источник: <https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan-society/20240207/stihiya-unesla-zhizni-51-chelovek-i-nanesla-utsherb-tadzhikistanuna-76-millionov-somoni>) (около 30,2 млн. долларов США по курсу Национального банка Таджикистана от 07 февраля 2024 г.). Анализ и оценка полученных нами результатов позволили получить информацию о селевой активности за 2020-2023 году. Карта селепроявлений в Таджикистане за 2020-2023гг. показано рис. 3.

Данные представленные на рис. 3, подтверждают факт того, что ареал распространения стихийных бедствий на территории Таджикистана очень широк. С учетом существующей ситуации, реализация целей и задач работы с использованием современных технологий мониторинга в том числе БПЛА зон с рисками стихийных бедствий, а также способы её обработки позволили получить оперативные, актуальные данные о состоянии селеопасных районов и оценить масштаб ущерба от последствий селевого потока в различных районах Таджикистана за период 2020-2023 гг. (рис. 4).

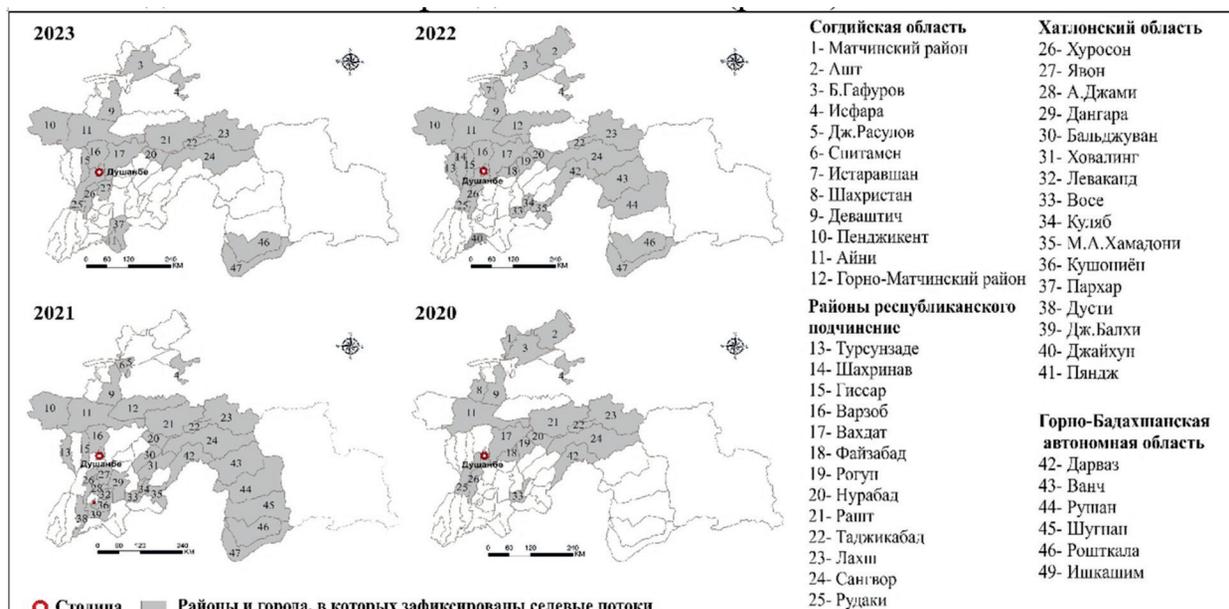


Рисунок 3. Карта селепроявлений в Таджикистане за 2020-2023гг.

Исследования, проведенные с использованием аэрофотосъемок и изучение архивных данных, а также анализ орорафии местности подтвердили факт, периодической подверженности этих участков селепроявлениям. В частности, в бассейне р. Шурак (Таджикабадский район) периодически образуются селевые потоки дождевого и гляциального характера. Характерной особенностью данного исследуемого участка является, периодические селепроявления, с нанесением значительного ущерба народному хозяйству и некоторых случаях жилым домам. Так например, сравнительный анализ данных космосъёмок 2007, 2017 гг. и аэрофотосъёмки участка Марг бассейна реки Шурак (рис. 4б), выполненные с использованием БПЛА в 2020 г. позволили выявить изменения территорий подверженных селевым потокам, а также исследовать ранние образовавшиеся селеопасные зоны и трассы селевых потоков. Площадь селевого конуса выноса данного участка увеличилась, речка поменяла направление своего русла, были разрушены сельскохозяйственные земли и временные постройки фермеров. Установленные факты также подтверждены на основе опроса со

старожилыми данной местности.

Одним из объектов исследований была территория Пенджикентского района. Была выполнена аэрофотосъемка селеопасных участков Киштудак и Вешист (рис. 4г). Результаты аэрофотосъёмочных работ позволили за короткий срок выявить следы формирования, пути движения селевого потока, оценить состояние разрушенной инфраструктуры и выявить границы селевых отложений и их влияние на русло р. Зеравшан. В частности, на участке села Вешист (рис. 4г) четко видны изменения после схода селевого потока - разрушенный мост, селевые отложения на участках земли жилого дома и на берегу реки Зеравшан. Начиная с 2013 по 2021 году площадь селевых отложений увеличилась. В частности длина отложений в направлении реки Зеравшан составила более чем на 120 метров, что привело к изменению её береговой линии. Установлено, что селевые потоки по данному руслу проходят часто, в том числе в период между 2013 и 2021 гг.

В районе Лахша на склонах хребта Петра Первого в последние десятилетия участились сходы селевых потоков разного типа и объёмов. В частности в низовьях

ледника Баральмос [18], где за счет таяния ледника и прорыва ледниковых озер периодически образуются селевые потоки в бассейне р. Арчакапа. Следствием прорыва ледников озер являются селевые потоки и прорывные паводки, распространяющиеся на десятки километров вниз по долинам [19]. Селевые потоки в данном исследуемой территории приводят к разрушениям международной автомобильной трассы и перекрытия русла р. Сурхоб и др (рис. 4д). Результаты съемки с помощью БПЛА, проведенной с 2020 по

2022 год, свидетельствуют о том, что на исследуемой территории произошло три прорыва ледниковых озер.

Данные аэрофотосъемки, полученные с помощью БПЛА, выявили изменения площади селевого конуса и воздействия селя на водоразделе Сурхоб. Это изменение можно объяснить периодическими селями, которые привели к разностороннему характеру реки Сурхоб за счет накопления разнообразных селевых отложений от верхнего до нижнего течения.

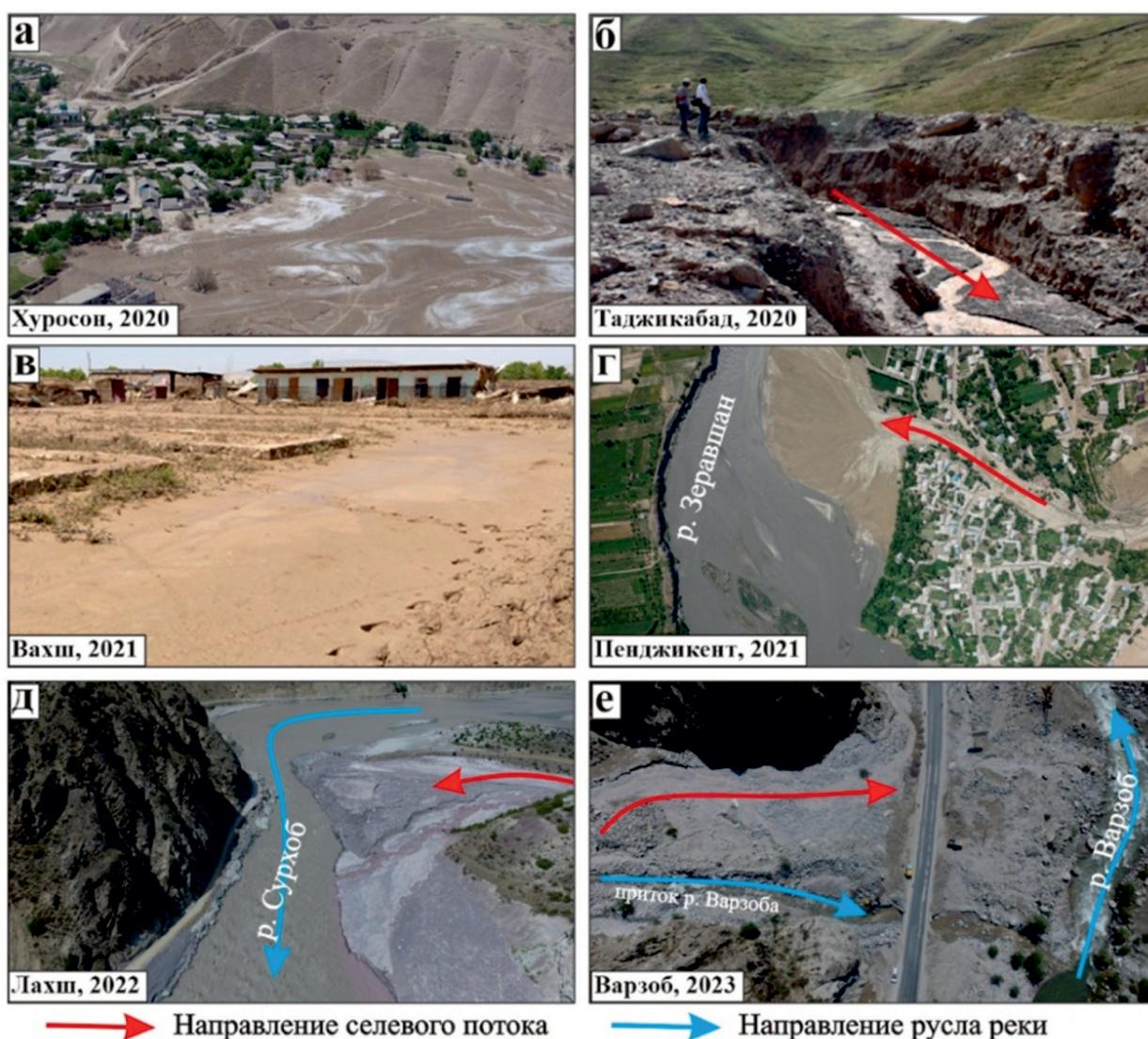


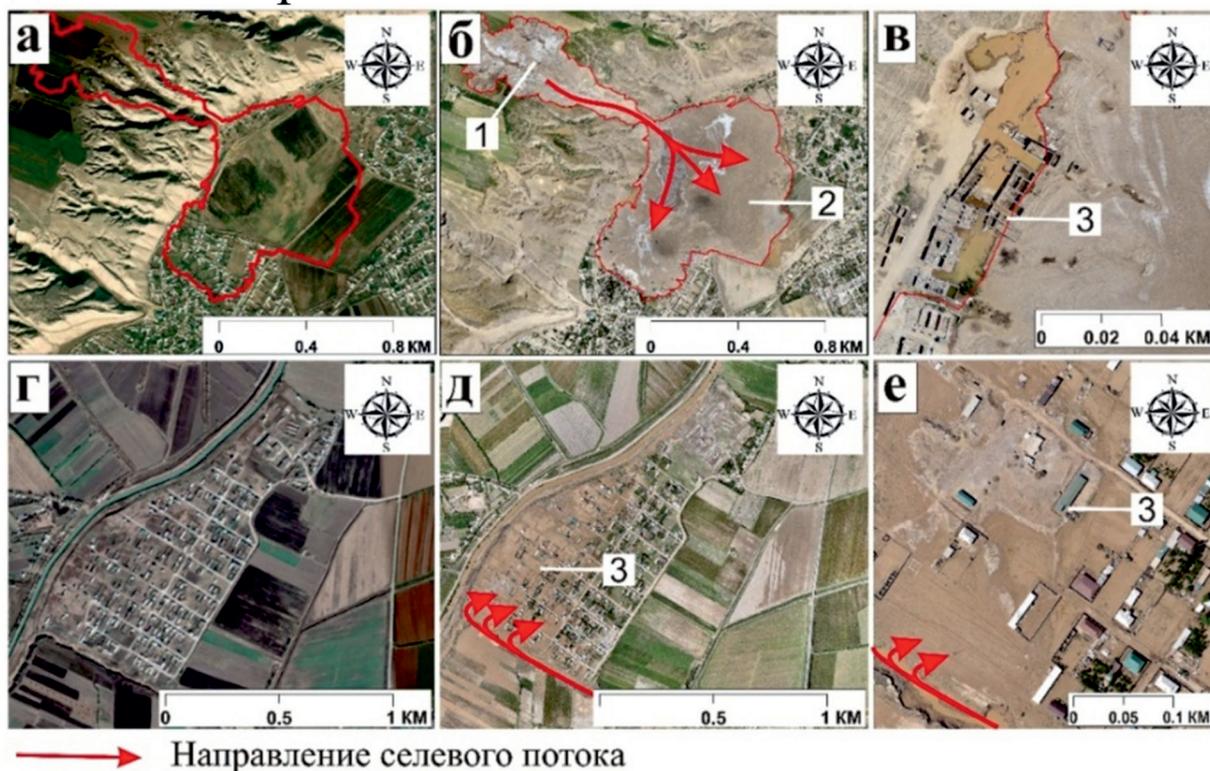
Рисунок 4. Последствия селевого потока в различных районах Таджикистана за период 2020-2023 гг. Фото М.С. Сафарова

Исследования проведены также на отдельных участках автодороги Душанбе-Худжанд подверженные селявым потокам и лавинам в зависимости от сезона. Аэрофотосъемочные работы были проведены на участках Гусгарф и 50 км (между толлинговой плазы Гушары и поворотом Сиёма) (рис. 4е) на территории Варзобского района в результате которого были повреждены дома, усадьбы, транспортные средства, автомобильная трасса а также 15 автомобилей были завалены грязекаменной массой.

Полевые работы включали проведение аэрофотосъемки последствий схода селявых потоков, на отдельных участках сельского джамоата имени С. Айни Хуросонского района Хатлонской области, подтопившие жилые дома и приусадебные участки местных жителей. В общей

сложности от селей и оползней пострадали 338 жилых домов, из которых 14 домов были разрушены полностью, 1 дом частично, а 12 домов, были разобраны самими местными.

Исследуя ситуацию с селепроявлениями в Вахшском районе, установлено, что здесь в результате стихии пострадали 4 кишлака. По оперативным данным штаба по устранению последствий стихии на 16 мая 2021, в результате селявого потока 46 домов разрушены полностью и 43 дома пострадали частично, затоплены 2,5 тыс. га земли, 5 мостов, одна водораспределительная станция и автодороги (Источник: <https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20210517/novii-dom-dlya-odnoi-iz-postradavshih-semei-v-vahshe-postroit-institut-energetiki?ysclid=lsikiqka-zp423398245>).



→ Направление селявого потока

Рисунок 5. Картирование исследуемых участков до и после схода селявого потока в Хуросонском (а,б,в) и Вахшском (г,д,е) районах Хатлонской области: а, г - снимки ©Google Earth до схода селявого потока; б, в, д, е- ортомозаики участков полученные по результатам аэрофотосъемки с использованием БПЛА после схода селявого потока. Обозначения: 1 – зона формирования селя, 2 – селявые отложения, 3 – жилые дома разрушенные после схода селя.

Пространственное разрешение – 5,62 см/пиксель (Хуросонский район) и 4,69 см/пиксель (Вахшский район).

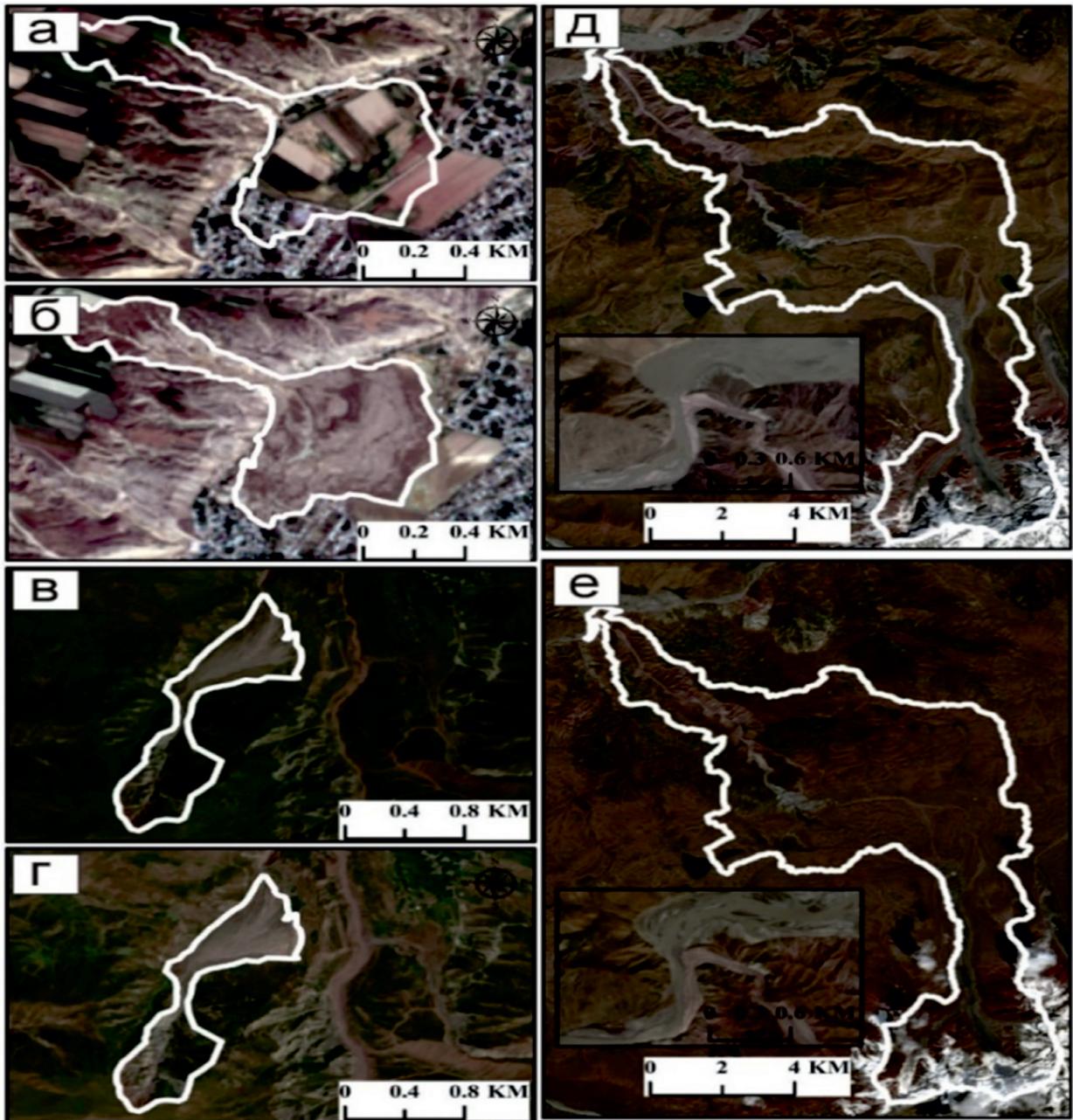


Рисунок 6. Наблюдение по изображениям Sentinel-2 до (а, в и д) и после события (б, г и е) на выбранных участках. а, б - Хуросон, в, г - Таджикабад, д, е- Лахи.

При анализе космических снимков с ресурса Google Earth до схода селевого потока и аэрофотосъемок с использованием БПЛА выполненные после схода селевого потока были выявлены разрушение дома, зона формирования и аккумуляции селевого потока, разрушенные дороги и другие пострадавшие объекты. Результаты картирования исследуемых участков до и после схода селевого потока в Хуросонском (а,б,в) и Вахшском (г,д,е) районах

Хатлонской области показаны на рис. 5.

С помощью Sentinel-2 наиболее заметные изменения были выявлены на участке Хуросон (рис. ба-б), где как NDWI, так и NDVI продемонстрировали значительные изменения после селя (рис. б).

Кроме того, заметные изменения наблюдались также в Таджикабадском и Лахшском районах, где часто встречаются сели грязекаменного типа. Установлено, что на участке Хуросон в основном

наблюдаются сели дождевого характера, а на участке Таджикабад – сели дождевого и снегового происхождения. С другой стороны, район Лахша подвержен селям, вызванным ледниковыми явлениями, причем оползни вызваны прорывами ледниковых озер на леднике Саид Нафиси (Баралмос). Уникальная природа этих селевых явлений подчеркивает раз-

нообразии факторов окружающей среды, действующих в каждом регионе. определяющих возникновение и воздействие таких природных явлений. Наблюдение по изображениям Sentinel-2 до и после события на выбранных участках Хуросонского, Та-джикабадского и Лахшского районах представлены рис. 6 и 7.

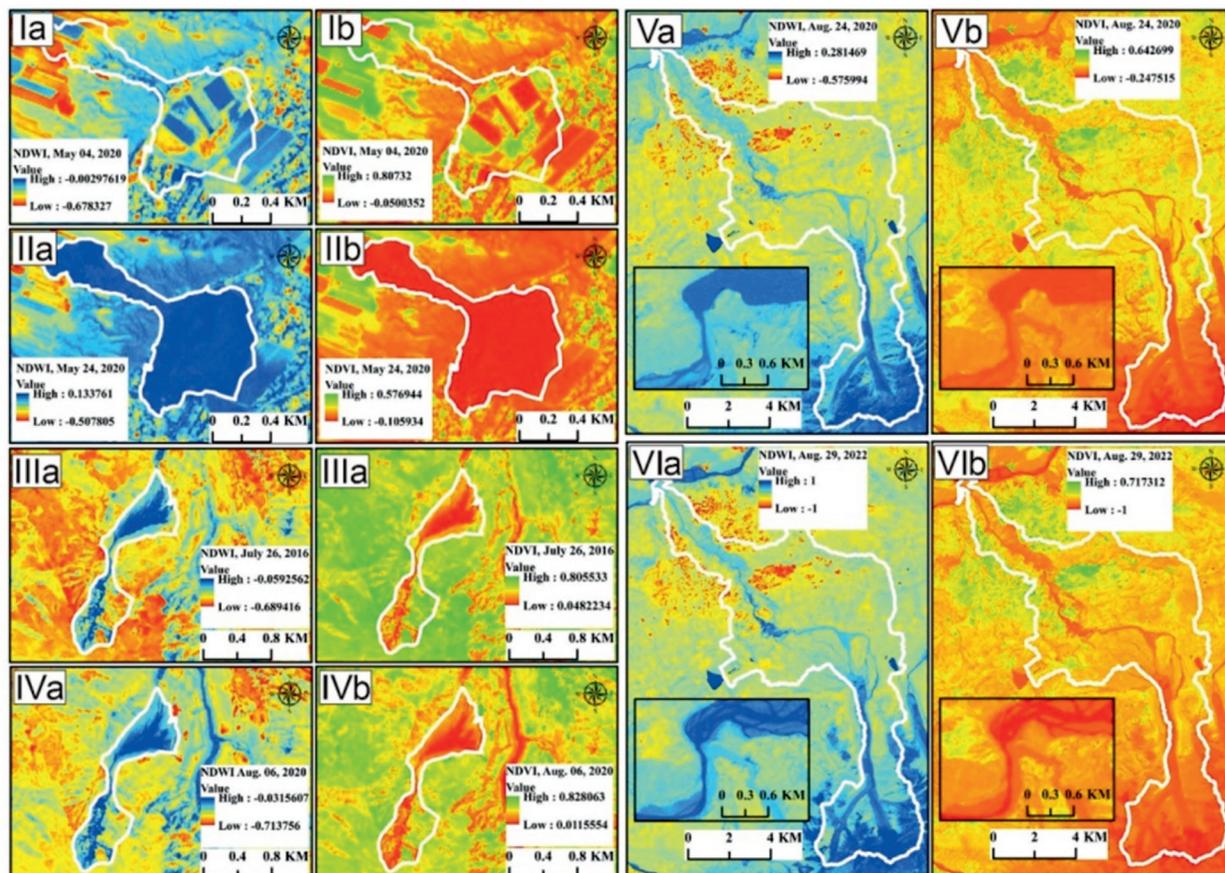


Рисунок 7. Результаты с применением NDWI и NDVI на выбранных участках районов Хуросон (I-II), Таджикабад (III-IV) и Лахши (V-VI) до (Ia-c, IIIa-c, Va-c) и после селевых потоков (IIa-c, IVa-c, VIa-c).

Таким образом, по результатам исследования территорий горно-предгорной зоны Таджикистана подверженных опасным природным явлениям (селям) обозначены зоны зарождения, транзита и отложения грязекаменных и глинистых по составу потоков. На рис. 8 показаны картирование участков подверженных селевым потокам различных районов Таджикистана. Установлено, что на трёх

исследованных участках селевые потоки по составу глинистые, на двух участках грязекаменный и на одном участке поток представляет из себя смесь глинистого и грязекаменного состава. На основании выявленных новых и старых селевых отложений, подтверждена периодичность селевых явлений на исследуемых участках.

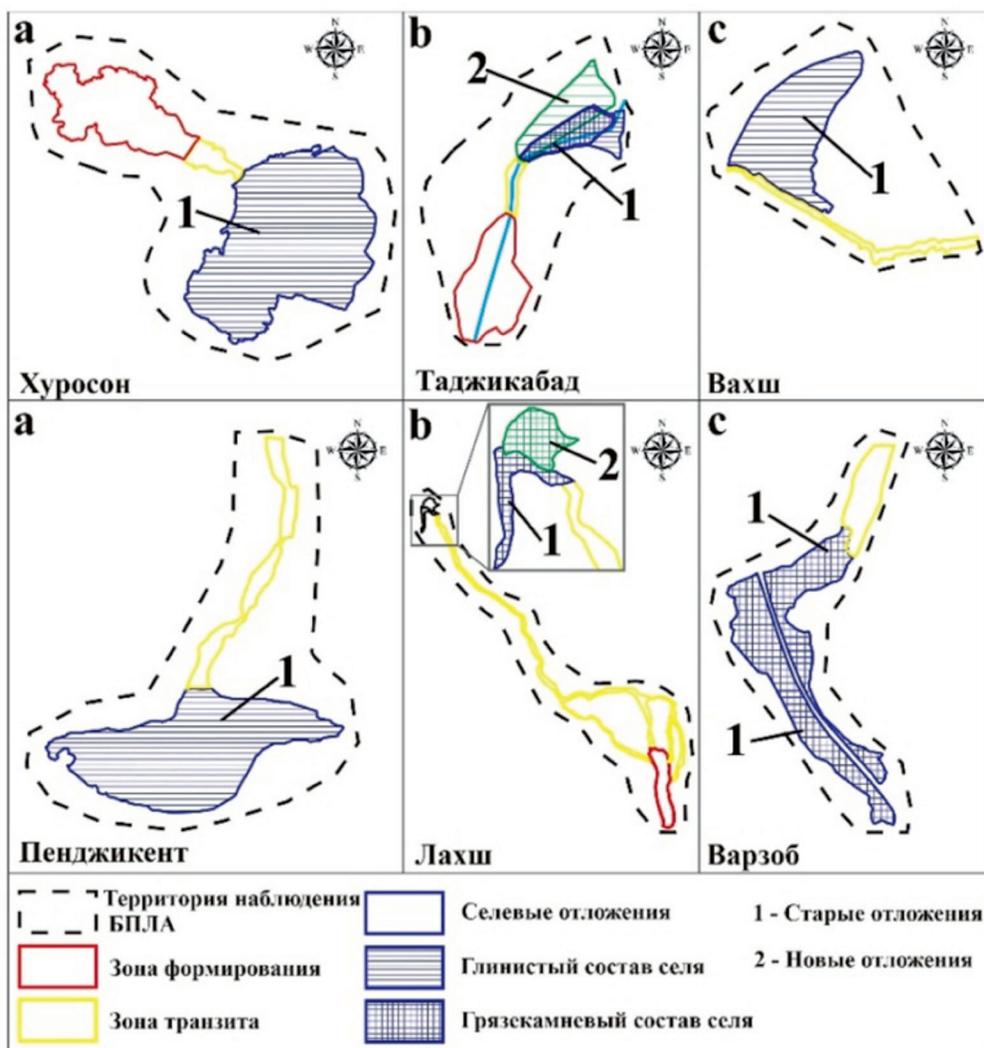


Рисунок 8. Картирование участков подверженных селевым потокам в Таджикистане на примере выбранных участках

**Выводы**

1. Результаты исследований, (2020 по 2023 гг), позволили установить распространенность и влияние опасных природных явлений, в частности селей, в Таджикистане.

2. Эффективность технологии БПЛА в картировании и мониторинге селевых явлений, с целью получения информации для управления стихийными бедствиями и реагирования на них, подтверждена. Результаты подчеркивают важность использования технологий дистанционного зондирования для исследования стихийных бедствий и своевременного реагирования.

3. Проведенные исследования позволили выявить подверженные к рискам стихийных бедствий зоны, оценить ущерб и установить степень влияния селей в различных регионах Таджикистана.

4. Применение технологии БПЛА в стратегии мониторинга и оценки, позволить повысить степень готовности и устойчивости к стихийным бедствиям, позволяющие свести к минимуму ущерб инфраструктуре и исключить человеческие потери.

**Литература**

1. Scaini, C., Tamaro, A., Adilkhan, B., Sarzhanov, S., Ergashev, Z., Umaraliev, R., Safarov, M., Belikov, V., Karayev, J., and Fagà, E.: A regional-scale approach

- to assessing non-residential building, transportation and cropland exposure in Central Asia, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 24, 355–373, <https://doi.org/10.5194/nhess-24-355-2024>, 2024.
2. Фазылов А.Р., Фазылов В.А. Гидротехнические мероприятия и регулирование селей в условиях изменения климата // *Вестник Донского государственного аграрного университета.* – № 2-1(24). – С. 105-113. - 2017а.
  3. МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 с.
  4. Фазылов А.Р., Лавров Н.П., Ниязов Д.Б. Селевая безопасность в Таджикистане // *Сб. науч. тр. ФГБОУ ВПО РГАТУ «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства»*; под ред. Н.В. Бышова. - Рязань, -С. 77,80. 2017б.
  5. Медеу А.Р., Аскарлова М.А., Благовещенский В.П. [и др.]. Концепция мониторинга селевой опасности в Иле Алатау // *Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита : труды 5-й Международной конференции, Тбилиси, Грузия, 01–05 октября 2018 года / Селевая ассоциация; Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава Грузинского технического университета.* – Тбилиси, Грузия: Универсал, 2018. – С. 492-498. – EDN VUJUOV.
  6. Смирнова И.О., Кирсанов А.А. Состояние и перспективы использования данных дистанционного зондирования при изучении экзогенных геологических процессов на примере оползней // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* – 2021. – Т. 18. – №. 3. – С. 26-48.
  7. Магомедова С.Х. Мониторинг стихийных бедствий с использованием беспилотных летательных аппаратов // *Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития.* – 2021. – С. 46-49.
  8. Мусаева М.Х., Калел М.Х., Ергалиев Д.С. Интеграция систем ДЗЗ и БПЛА для предотвращения и мониторинга чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан // *Труды Международного симпозиума «Надежность и качество».* – 2018. – Т. 2. – С. 27-29.
  9. Сафаров М.С., Фазылов А.Р. Применение современных технологий дистанционного зондирования для мониторинга селеопасных районов горных территорий // *ГеоРиск.* –Том XIV, -2020. -№2. -С. 32-41, <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2020-14-2-32-41>
  10. Макушенко, Е.С. Перспективные сферы применения беспилотных летательных аппаратов / Е. С. Макушенко // *Приоритеты новой экономики: энергопереход 4.0 и цифровая трансформация : Сборник тезисов всероссийской научно-практической конференции, Москва, 15 декабря 2021 года / Под редакцией И.М. Степнова, Ю.А. Ковальчук.* – Москва: Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, 2022. – С. 170-173. – EDN PPRXSW.
  11. Ступин В.П., Пластинин Л.А., Олзоев Б.Н., 2020. Возможности материалов дистанционного зондирования как информационной основы картографирования селевой опасности Байкальской горной области. *ГеоРиск*, Том XIV, № 2, с. 78–87, <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2020-14-2-78-87>

12. Шварев С.В., Харченко С.В., Голосов В.Н., Успенский М.И., 2020. Причины и последствия техногенной активизации селей в 2006–2019 гг. на водосборе притока руч. Сулимовский (район пос. Красная Поляна, Западный Кавказ). ГеоРиск, Том XIV, № 2, с. 66–76, <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2020-14-2-66-76>.
13. Постановление Правительство Республики Таджикистан от 30 июня 2021 г. № 269. О переименование географических объектов территории Республрики Таджикистан. 2021.
14. Karamuz E., Romanowicz R. J., Doroszkiewicz J. The use of unmanned aerial vehicles in flood hazard assessment // Journal of Flood Risk Management. – 2020. – Т. 13. – №. 4. – С. e12622.
15. Сафаров М.С., Фазылов А.Р. Селевая активность в бассейне реки Арчакапа // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2022. – № 2(187). – С. 125-135. – EDN ZYTWVQ.
16. Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х. Транзит и аккумуляция селей реки Герхожан-Су на участке селепропускного канала в городе Тырныауз // Гидросфера. Опасные процессы и явления. Т.3. Вып. 1. С. 8–18. DOI: 10.34753/HS.2021.3.1.8. 2021a.
17. Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Мониторинг обвалов, оползней и других разрушительных процессов в высокогорной зоне на основе анализа разновременных космоснимков // Изучение опасных природных процессов и геотехнический мониторинг при инженерных изысканиях : Материалы Общероссийской научно-практической конференции, Москва, 18 марта 2021 года. – Москва: Геомаркетинг,– С. 59-68. – EDN OPRUCV. 2021b.
18. Каталог ледников СССР / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Ин-т географии АН СССР Средняя Азия. Вып. 3. Аму-Дарья. Ч. 6. Бассейн р. Сурхоб между устьями рек Обихингоу и Муксу. Ленинград. 1971. 92 с.
19. Черноморец С.С. Мониторинг обвалов, оползней и других разрушительных процессов в высокогорной зоне на основе анализа разновременных космоснимков // Изучение опасных природных процессов и геотехнический мониторинг при инженерных изысканиях : Материалы Общероссийской научно-практической конференции, Москва, 18 марта 2021 года. – Москва: Геомаркетинг,– С. 59-68. – EDN OPRUCV. 2021b.

## МОНИТОРИНГ ВА ТАҲЛИЛИ ВАЪЪИ КУНУНИИ ХАТАРҲОИ ТАБИӢ ДАР ТОҶИКИСТОН: ҲАМГИРОИИ ҲАВОПАЙМОҲОИ БЕСАРНИШИН ВА МАЪЛУМОТҲОИ ЗОНДКУНИИ ФОСИЛАИ ЗАМИН

*Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Гулаёзов М.Ш.  
Наврӯзшоев Ҳ.Д., Мамадҷонов Ю.*

*Аннотатсия. Дар Тоҷикистон офатҳои табиӣ, аз ҷумла сел ба инфрасохтор ва ҳаёти одамон хатари ҷиддӣ эҷод мекунанд. Шиддатнокии ин офатҳои табиӣ дар солҳои охир афзоиш ёфта, мониторинг ва стратегияҳои самараноки идоракуниро тақозо мекунанд. Айни замон ҳавопаймоҳои бесарнишин барои харитасозӣ ва таҳқиқи офатҳои табиӣ ба як асбоби зарурӣ табдил ёфтаанд. Ҳадафи асосии ин наҷӯҳои таҳлили падидаҳои хатарнокӣ табиат ва харитасозии онҳо, бахусус,*

селҳо дар минтақаи кӯҳистонӣ ва доманақӯҳҳои Тоҷикистон дар солҳои 2020-2023 мебошад. Таъбиқи мониторинг ва омӯзиши ин минтақаҳо бо истифода аз ҳавопаймои бесарнишини QC-2 Micro бо давомнокии парвоз зиёда аз 1 соат, бо камераи Sony RX1R муҷаҳзашуда ва квадрокоптери DJI Phantom 4 дар ноҳияҳои Хуросон ва Ваҳши вилояти Хатлон, шаҳри Панҷакенти вилояти Суғд, инчунин дар Тоҷикобод, Лаҳш ва Варзоби ноҳияҳои тобеи ҷумҳурӣ, сурат гирифт. Натиҷаҳои бадастомада имкон медиҳанд, ки тасдиқ кунем, ки сел аз офатҳои харобиовартарини табиӣ буда, ҳисороти зиёди иҷтимоӣ иқтисодӣ мерасонад ва мутаассифона, боиси талафоти одамон мегардад. Муайян карда шудааст, ки дар солҳои 2020-2023 дар 49 шаҳру ноҳияҳои Тоҷикистон сел ба қайд гирифта шуда, ҳаҷми ҳисорат ҳудуди 30,2 миллион долларро таъкил додааст. Харитасозӣ ва мониторинг бо истифода аз ҳавопаймоҳои бесарнишини метавонад маълумотро барои таҳлили ҳисорат, муайян кардани минтақаҳои осебпазир ва қӯмак дар воқуиҳои ба ҳолатҳои фавқулодда, инчунин таҳияи чораҳо оид ба рафъ ё пешгирии хатарҳо таъмин намояд. Ҳамин тариқ, дар омӯзиши ходисаҳои хавфнокӣ минтақаи кӯҳсору доманақӯҳи Тоҷикистон истифода бурдани технология ва воситаҳои техникӣ ҳозиразамон вазифаи таъхирнопазир мебошад.

**Калидвожаҳо:** Тоҷикистон, офатҳои табиӣ, сел, мониторинг, таҳлил, таҳқиқот, идоракунӣ, зондкунӣ, фосилавии Замин, моҳвораҳо, ҳавопаймоҳои бесарнишин.

## MONITORING AND ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF NATURAL HAZARDS IN TAJIKISTAN: INTEGRATION OF UAVS AND EARTH REMOTE SENSING DATA

*Safarov M.S., Fazilov A.R., Gulayozov M.Sh.  
Navruzshoev H.D., Mamadjonov Yu.*

**Annotation.** In Tajikistan, hazardous natural occurrences, including mudflows, pose a considerable threat to infrastructures and people's lives. The frequency and intensity of these natural disasters have escalated in recent years, necessitating efficient monitoring and management strategies. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have emerged as valuable tools for disaster mapping and research. This study focuses on the analysis and mapping of natural hazards in various regions of Tajikistan from 2020 to 2023, with a special focus on mudflows, using a small-sized QC-2 Micro UAV with flight duration of more than 1 hour, equipped with a Sony RX1R camera and a DJI Phantom quadcopter 4 to monitor and study them. Field work included aerial photography of the consequences of mudflows in the Khuroson and Vakhsh districts of the Khatlon region, the Penjikent district of the Sughd region, as well as the Tajikabad, Lakhsh, Varzob districts of republican subordination (DRS). The findings indicate that mudflows are among the most devastating natural disasters, causing significant damage and loss of life. During 2020-2023 mud-flows were recorded in 49 districts and cities of Tajikistan and the amount of damage amounted to about 30.2 million US dollars. Mapping and monitoring using UAVs provided vital data to analyze the extent of damage, identify vulnerable areas, and support emergency response efforts. The study underscores the importance of employing modern technologies to mitigate and manage disaster risk in Tajikistan.

**Keywords:** Tajikistan, natural hazards, mudflows, monitoring, analysis, research, management, remote sensing of the Earth, satellites, unmanned aerial vehicles

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Сафаров Мустафо Сулаймонович, PhD, муҳандис оид ба ҳавопаймоҳои бесарнишини Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), Постдоранти Институти Шимолу шарқии экология, муҳити зист ва захираҳои Академии илмҳои Хитой, E-mail: mustafo-2010@mail.ru, тел.: 904-10-01-44; Фазылов Али Рахматджанович, доктори илмҳои техникӣ, дотсент, мудири лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: alifazilov53@gmail.com, тел: +992 918565070; Гулаёзов Мачид Шоназарович, номзоди илмҳои географӣ, директори иҷроияи Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), E-mail: majid1983@mail.ru; тел: (+992) 915901113; Наврӯзшоев Х.Д., номзоди илмҳои техникӣ, Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирыяҳои АМИТ», Институти омӯзиши чомаҳои кӯҳистонии Донишгоҳи Осиёи Марказӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Мамаджанов Ю., номзоди илмҳои геологӣ-минералогӣ, котиби илмӣ

Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), Email: petrology@mail.ru.

Сведения об авторе: Сафаров Мустафо Сулаймонович, PhD, инженер по БПЛА Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Постдокторант Северо-западного Института экосреды и ресурсов Китайской академии наук, E-mail: mustafo-2010@mail.ru, тел. : 904-10-01-44; Фазылов Али Рахматджанович, доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: alifazilov53@gmail.com, тел: +992 918565070; Гулаёзов Маджид Шоназарович, кандидат географических наук, исполнительный директор Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), E-mail: majid1983@mail.ru; телефон: (+992) 915901113; Наврузшоев Х.Д., кандидат технических наук, Государственное научное учреждения «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана», Институт исследования горных сообществ Университета Центральной Азии, Душанбе, Таджикистан; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Мамаджанов Ю., кандидат геолого-минералогических наук, Ученый секретарь Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Email: petrology@mail.ru.

Information about the author: Safarov Mustafa Sulaymonovich, PhD, UAV engineer of the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), Postdoctoral fellow of Northwest Institute of Eco-Environment and Resources of the Chinese Academy of Sciences, E-mail: mustafo-2010@mail.ru, tel.: 904-10-01-44; Fazylov Ali Rakhmatdzhonovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory "Hydraulic Structures" of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences, E-mail: alifazilov53@gmail.com, tel: +992 918565070; Gulayozov Majid Shonazarovich, Candidate of Geographical Sciences, Executive Director of the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), E-mail: majid1983@mail.ru; phone: (+992) 915901113. Navruzshoev K.D., Candidate of Technical Sciences, State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan", Mountain Societies Research Institute of the University of Central Asia, Dushanbe, Tajikistan; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Mamadzhanov Yu., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Scientific Secretary of the Scientific Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), Email: petrology@mail.ru.

ТДУ 574.2; 631.415.1(575.3)

## ТАДҚИҚИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ТАРКИБИ ГИЁҲИ ШИРИНБИЯ (*Glycyrrhiza glabra*)

*Валиев Н.Р., Абдуллозода С.Ф.<sup>1</sup>,*

*<sup>1</sup>Институтуи физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АМИТ  
Донишгоҳи давлатии Қўлоб ба номи А. Рӯдакӣ*

**Аннотатсия:** Дар ин мақола металлҳои вазнин дар таркиби узвҳои растани шифобахши «Ширинбия» ки дар Вилояти Хатлон мерӯяд ва хоки минтақаи сабзиши он, бо методи рентгенофлуоресенсӣ бо истифода аз спектрометри СПЕКТРОСКАН МАКС-G омухта шудааст. Миқдори металлҳои вазнин дар намунаҳои Қўҳи Хоҷамӯммини ноҳияи Восеъ ва шаҳри Кулоб аз ҳамдигар фарқ мекунанд. Коэффитсиентҳои таъхир ва чамъшавӣ дар таркиби узвҳои растани муайян карда шудааст. Металлҳои вазнин дар узвҳои растани дар шаҳри Кулоб нисбат ба Қўҳи Хоҷамӯммини ноҳияи Восеъ зиёд аст, ки ин аз таъсири антропогенӣ шаҳодат медиҳад. Коэффитсиенти шидатнокии гузариши металлҳои вазнин аз хок ба реша аз реша ба тана ва аз тана ба барг ҳисоб карда шудааст.

**Калидвожаҳо:** растани шифобахши «Ширинбия», хок, реша, поя, барг, гул, коэффитсиентҳои таъхир ва чамъшавӣ, Коэффитсиенти шидатнокии гузариши металлҳои вазнин.

Муқаддима. Дар тӯли чанд даҳсолаи ваства афзоиш ёфтааст. Барои аксарияти охир, истеъмоли растаниҳои шифобахш ва аҳолии ҷаҳон растаниҳои шифобахш хамчун доруворӣ дар тамоми ҷаҳон пайманбаи асосии ниғаҳдории тандурустӣ

ба ҳисоб меравад. Тавре ки Созмони Байналмилалӣ Тандурустӣ гузориш дода аст, тақрибан 80% одамон танҳо гиёҳҳои шифобахшро барои табобати бисёр бемориҳои истифода мебаранд. Имрӯзҳо манфиатҳои зиёди илмӣ барои таҳияи маҳсулоти растаниҳои ҳамчун иловаҳои парҳезӣ вучуд доранд [1-4].

Тоҷикистон ҳам кишвари беназир буда, масоҳаташ на он қадар калон, вале дорои растаниҳои гуногуни табобатӣ аст ва дар ин ҷо қариб ҳама намуди шароитҳои иқлимӣ мушоҳида мешавад: аз субтропикӣ то арктикӣ. Дар ин миён минтақаҳоеро во хурдан мумкин аст, ки сатҳи радиатсияи табиашон гуногун буда, ба таркиб, хосиятҳои физикӣ - кимиёвӣ ва шифобахшии растаниҳо бетаъсир нест. Аз ин лиҳоз, таҳқиқи хосиятҳои физикӣ-химиявӣ таркиби растаниҳо ва ҳок, бешубҳа доираи истифодаи растаниҳои шифобахшро васеъ намуда, истифодаи натиҷаҳои таҳқиқот дар соҳаи дорусозӣ аҳамияти калони амалӣ дорад [1].

Вақте ки растаниҳоро барои табобати бемориҳои истифода мебаранд, бояд донист, ки ба ғайр аз таъсири фармакологӣ ва экологии онҳо, растаниҳои шифобахш метавонанд дар сурати зиёд шудани миқдори металлҳои вазнин дар онҳо захролуд шаванд. Гарчанде ки самаранокӣ гиёҳҳои шифобахш асосан бо чузъҳои онҳо, аз қабилҳои рағанҳои эфирӣ ва метаболитҳои дуюмдараҷа алоқаманд аст, ба назар гирифта мешавад, ки истеъмоли дарозмуддат метавонад боиси мушкилот ба саломатӣ гардад, агар металлҳои вазнин ба монанди Pb, Cd, Zn, Ni ва дигар ифлосҳои аз концентратсияи ҳадди аксар зиёд бошанд, растаниҳо метавонанд ҳангоми парвариш ё дертар дар марҳилаи коркард бо металлҳои вазнин ба осони олуида шаванд. Дар баробари дигар ифлоскунандаҳо, металлҳои вазнин метавонанд ба муҳити зист тавассути фаъолиятҳои саноатӣ, партовҳои коммуналӣ, партовҳои автомобилҳо, пеститсидҳо ва

нуриҳои дар кишоварзӣ истифодашаванда ворид шаванд. Растаниҳои шифобахшро метавон барои тайёр кардани доруҳои анъанавӣ ва инфузияҳои гиёҳӣ истифода бурд, агар миқдори металлҳои вазнин аз ҳадди муайян камтар бошад. Аз ин рӯ, назорат кардани концентратсияи металлҳои вазнин ҳам дар растаниҳои шифобахш ва ҳам маҳсулоти онҳо бояд барои таъмини беҳатарӣ ва самаранокӣ маҳсулоти гиёҳӣ анҷом дода шавад [1,3].

Мақсади асосии таҳқиқот омӯзиши миқдори металлҳои вазнин дар таркиби узвҳои растаниҳои шифобахши “Ширинбия” ва хоки минтақаи сабзиҳои растани, ки дар Вилояти Хатлон мерӯяд, иборат аст. Бо мақсади таҳқиқи миқдори металлҳои вазнин дар таркиби растаниҳои “Ширинбия” намунаи растаниҳои дар шакли реша, поя, барг, ҳамзамон хоки ҷойи сабзиш аз кӯҳи Хочамӯмӣ ноҳияи Восеъи минтақаи Кӯлоби Вилояти Хатлон ҷамъоварӣ карда шуд.

Мавод ва усули ҷенкунӣ. Растаниҳои шифобахши “Ширинбия” аз ҷануби Тоҷикистон, кӯҳи Хочамӯмӣ ноҳияи Восеъи ва ҳамвориҳои минтақаи Кӯлоби Вилояти Хатлон дар мавқеи географии 37.430 а.ш. ва 69.39 т.ш. баландии 1200м аз сатҳи баҳр, 37.54° а.ш. ва 69.46° т.ш. баландии 612м ҷойгир аст, ҷамъоварӣ карда шуд. Намунаҳои ҳок ва растаниҳои “Ширинбия” бо методи “конверт” мувофиқи ГОСТ Р 58588-2019 ҷамъоварӣ карда шудааст [1,4, 5,6].

Намунаҳои ҳок аз пасмондаҳои растаниҳои тоза, хушконида ва майда карда шуда, аз элаки андозаи сурохиҳояш 0,2 мм буда гузаронида шуд. Намунаҳои растаниҳои “Ширинбия” бо реша, поя ва барг, пас аз шустани дар ҳарорати 400 С хушк карда шуда, сипас майда карда шуда, элаки сурохиаш 0,2 мм гузаронида шуд.

Барои муайян намудани металлҳои вазнин қисмҳои алоҳидаи растаниҳои шифобахши “Ширинбия” аз «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (истехсоли НПО СПЕКТРОН,

РОССИЯ), ки бо методи рентгенофлуоресенсӣ фаъолият мекунад, истифода бурда шудааст [2].

Муҳокимаи натиҷаҳо. Натиҷаҳои ташҳиси микдори МВ дар растании шифобахши «Ширинбия», ки аз минтақаи Кӯлоб ҷамовари шудаанд, дар ҷадвали

ли 1 нишон дода шудааст. Дар раванди таҳқиқот маълум гардид, ки дар таркиби хок ва ширинбияе, ки дар кӯҳи Хоҷамӯмбини ноҳияи Восеъ ва гирду атрофи шаҳри Кӯлоб меҷуяд, TiO<sub>2</sub> бо микдори хеле кам мавҷуд аст, As бошад дар хок ва поя дарёфт гардид.

Ҷадвали 1

Қимати концентратсияи МВ дар таркиби растани «Ширинбия»

Намунаҳо	Қимати концентратсияи МВ (мг/кг)											
	Кӯҳи Хоҷамӯмбини ноҳияи Восеъ											
	V	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	MnO	As	TiO <sub>2</sub> , %	Sr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	Pb
Барг	25,52	62,08	9,19	15,67	43,07	85,20	87,54	0,00	0,33	123,04	2,32	22,81
Поя	27,00	62,19	6,71	26,06	39,52	61,34	86,46	3,95	0,32	120,54	2,14	0,00
Реша	25,84	61,77	6,08	17,37	43,58	59,05	86,64	0,00	0,32	121,20	2,01	26,91
Миёнаи Қиматҳо	26,12	62,01	7,32	19,7	42,05	68,53	86,88	0,00	0,32	123,59	2,15	16,57
Хок	28,58	63,64	37,46	0,00	45,90	74,83	89,73	1,58	0,39	111,57	5,81	0,00
*КМИ дар хок мг/кг	100	100	100	25	55	100	1500	2	0,50	-	-	32
Кларк	100	150	40	8	20	50	850	6	0,46	100	3,8	10
ш. Кӯлоб												
Барг	24,10	62,55	12,94	15,44	41,34	137,5	87,46	0,00	0,32	114,24	2,14	18,37
Поя	18,32	62,32	17,60	16,79	40,60	94,46	86,61	0,00	0,32	122,26	2,43	33,40
Реша	23,19	62,15	7,13	16,42	43,67	65,07	86,55	0,00	0,32	114,64	1,97	14,61
Миёнаи Қиматҳо	21,87	62,34	12,55	16,21	41,87	99,02	86,87	0,00	0,32	117,04	2,18	22,12
Хок	31,95	63,00	22,72	0,00	46,76	46,78	89,10	2,06	0,36	114,15	3,75	6,67
*КМИ дар хок мг/кг	100	100	100	25	55	100	1500	2	0,50	-	-	32
Кларк	100	150	40	8	20	50	850	6	0,46	100	3,8	10

\*КМИ- Концентратсияи максималии иҷозатдодашуда

Элементҳои Ni, Zn, MnO, TiO<sub>2</sub>, Sr, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> дар барг, V, Cr, Co, As дар поя ва дар реша бошад Cu ва Pb нисбатан зиёд аст. Дар раванди ташҳис маълум карда шуд, ки элементҳои Sr дар ҳама қисми растани ва хок аз минтақаи Кӯлоб нисбат ба дигар элементҳо зиёдтар аст.

Аз ҷадвали 1 дида мешавад, ки мавҷудияти элементҳои Ni, Zn ва Pb дар намунаи аз шаҳри Кӯлоб ҷамоварӣ кардашуда дар қиёс ба намунаи Кӯҳи Хоҷамӯмбини ноҳияи Восеъ зиёдтар аст.

Коэффитсиентҳои таъхир, ҷамъшавӣ ва интенсивноқӣ ҷиҳати тавсифи хусуси-

ятҳои ҷамъшавии металлҳои вазнини таркиби растани ҳисоб карда шуданд.

Хосиятҳои гузарандагии металлҳои вазнин дар реша ва қисматҳои болоии растани (яъне қисматҳои аз хок берунӣ растани) ба воситаи коэффитсиенти таъхир КТ(КЗ) шарҳ дода мешавад. [2-3;8-12].

$$K3 = C(\text{Э})_{\text{реша}} / C(\text{Э})_{\text{бута ва барг}}$$

ки дар ин ҷо: КТ (КЗ) – коэффитсиенти таъхир, C(Э)<sub>реша</sub> – концентратсияи металлҳои вазнин таркиби реша, C(Э)<sub>бута ва барг</sub> концентратсияи металлҳои вазнин дар таркиби барг ва пояи растани «Ширинбия» .

Раванди гузариши МВ дар массаи хушки растанӣ аз хоки минтақа вобастагии калон дорад [2-3; 11]. Коэффитсиенти чамъшавии (КН) металлҳои вазнин ба воситаи ифодаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$КН = C(Э)_{растанӣ} / C(Э)_{хок},$$

ки дар ин ҷо: КЧ(КН) – коэффитсиенти чамъшавӣ,  $C(Э)_{растанӣ}$  – концентратсияи металлҳои вазнин дар массаи хушки растанӣ,  $C(Э)_{хок}$  – концентратсияи металлҳои вазнин дар хок.

Натиҷаи ҳисобкуниҳои коэффитсиентиҳои таъхир КТ(КЗ) ва чамъшавӣ КЧ (КН) дар чадвали 2 нишон дода шудааст шудааст.

Чунон ки аз чадвали 2 дида мешавад, коэффитсиенти таъхири КТ (КЗ) дар

растаниҳои шифобахши “Ширинбия”, ки аз кӯҳи Хоҷамумини н.Восеъ чамовари шудааст, миқдори металлҳои вазнин Pb (1,17) ва дигар металлҳои вазнин аз 0,6 кам мебошад.

Раванди таҳқиқот нишондод, ки коэффитсиенти чамъшавӣ КЧ (КН) дар растаниҳои шифобахши “Ширинбия”, ки аз кӯҳи Хоҷамумини н.Восеъ чамовари шудааст металлҳои вазнин Sr (1,10), V (0,91), Cr (0,97), Cu (0,91), Zn (0,96), MnO (0,96) ва боқимондаи металлҳои вазнин 0,8 кам мебошад. КЧ дар растаниҳои шифобахши “Ширинбия”, ки аз шаҳри Кӯлоб ҷамоари шудааст металлҳои вазнин Pb (3,31), Cr (0,98), Zn (2,11), MnO (0,97), Sr (1,02) ва дигар металлҳои вазнин аз 0,9 кам мебошад.

Чадвали 2

Коэффитсиентиҳои таъхир КТ(КЗ) ва коэффитсиенти чамъшавӣ КЧ (КН)

Кӯҳи Хоҷамумини ноҳияи Восеъи												
МВ	V	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	MnO	As	TiO2	Sr	Fe2O3	Pb
КЗ	0,49	0,49	0,38	0,41	0,52	0,40	0,49	0,00	0,49	0,49	0,45	1,17
КН	0,91	0,97	0,19	0,00	0,91	0,91	0,96	0,00	0,82	1,10	0,37	0,00
ш. Кӯлоб												
КЗ	0,54	0,49	0,23	0,50	0,53	0,28	0,49	0,00	0,5	0,45	0,43	0,28
КН	0,68	0,98	0,55	0,00	0,89	2,11	0,97	0,00	0,88	1,02	0,58	3,31

Коэффитсиенти интензивият барои муайян намудани гузариши металлҳои вазнин дар узвҳои растанӣ истифода карда мешавад. [2-3; 13]. Коэффитсиенти интензивнокии гузариши металлҳои вазнин аз хок ба реша дар растаниҳои “Ширинбия” ҳисоб карда шудааст. Барои ҳисоб кардани коэффитсиенти мазкур ифодаи зерин истифода бурда мешавад:

$$I_{хок-реша} = C(Э)_{реша} / C(Э)_{хок},$$

ки дар ин ҷо:  $I_{хок-реша}$  – шиддатнокии гузариш МВ аз хок ба реша,  $C(Э)_{реша}$  ва  $C(Э)_{хок}$  – мутаносибан концентратсияи металлҳои вазнин дар реша ва хок вобаста ба минтақаи сабзиш.

Коэффитсиенти интензивнокии гузариши металлҳои вазнин аз реша ба поя низ ҳисоб карда шуд. Ҳисобкунии коэф-

фитсиенти интензивнокии ҳангоми гузариши металлҳои вазнин аз реша ба поя ба воситаи ифодаи зерин анҷом дода шуд:

$$I_{реша-поя} = C(Э)_{поя} / C(Э)_{реша},$$

ки дар ин ҷо:  $I_{реша-поя}$  – шиддатнокии гузариши МВ аз реша ба поя,  $C(Э)_{поя}$  ва  $C(Э)_{реша}$  – мутаносибан концентратсияи МВ дар поя ва реша.

Инчунин коэффитсиенти шиддатнокии (интензивнокии) -и гузариши МВ аз поя ба барг дар расаниҳои “Ширинбия” ҳисоб карда шуд. Барои ҳисоб кардани коэффитсиенти интензивнокии гузариши металлҳои вазнин аз поя ба барг ифодаи зерин истифода бурда шуд:

$$I_{поя-барг} = C(Э)_{барг} / C(Э)_{поя},$$

ки дар ин ҷо:  $I_{поя-барг}$  – коэффитсиенти шиддатнокии (интензивнокии)-и гузари-

ши МВ аз поя ба барг, С(Э)барг ва С(Э) поя – мувофиқан концентратсияи МВ дар барг ва поя.

Натиҷаҳои ҳисобкуниҳои коэффитсиенти интензивнокии гузариши металҳои вазнин ҳангоми гузаришҳо аз хок ба реша, аз реша ба поя ва аз поя ба барг дар ҷадвали 3 оварда шудааст.

Тавре, ки аз ҷадвали 3 дида мешавад, қиматҳои калонтарини коэффитсиенти интензивнокӣ ҳангоми гузариши аз хок ба таркиби реша дар намунаи кӯҳи Ҳочамумини н.Восеъ ба Sr (1,08) тааллуқ доранд, ки аз як калон мебошанд. Ҳиссаи дигар металлҳои вазнин дар ҳудуди 0-0,96-ро ташкил медиҳанд. Гузариши металлҳои вазнин аз реша ба поя нишон дода шудааст, ки миқдори элементҳои As (0,00) ва Pb (0,00) ба сифр баробар буда дигар

элементҳо аз 0,9 калон аст. Дар гузариши металлҳои вазнин аз поя ба барг ҳам чунин мебошад.

Қиматҳои калонтарини коэффитсиенти интензивнокӣ ҳангоми гузариши аз хок ба таркиби реша дар намунаи шаҳри Кӯлоб бошад металлҳои Zn (1,39), TiO<sub>2</sub> (1,00) ва Pb (2,19), ки коэффитсиенти интензивнокӣ ҳангоми гузариши аз хок ба таркиби реша аз як калон аст. Гузариши металлҳои вазнин аз реша ба поя дар ин намуна Ni (2,46), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,50), Pb (2,28) ва дигар элементҳо аз 0-1,45 – ро дар бар мегирад. Рафти гузариши металлҳои вазнин аз поя ба барг V (1,31), Cr (1,00), Cu (1,01), Zn (1,45) MnO (1,00), TiO<sub>2</sub> (1,00), ки аз як калон ва дигар элементҳо аз 0-0,93-ро дар бар мегирад.

Ҷадвали 3

Коэффитсиенти шидатнокии гузариши МВ дар хок-реша-поя ва барги «Ширинбия»

Кӯҳи Ҳочамумини ноҳияи Восеъ												
МВ	V	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	MnO	As	TiO <sub>2</sub>	Sr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Pb
I <sub>хок - реша</sub>	0,90	0,97	0,16	0,00	0,94	0,78	0,99	0,00	0,82	1,08	0,34	0,00
I <sub>реша - поя</sub>	1,04	1,00	1,10	1,50	0,90	1,03	0,99	0,00	1,00	0,99	1,06	0,00
I <sub>поя - барг</sub>	0,94	1,00	1,36	0,60	1,08	0,13	1,01	0,00	1,03	1,02	1,08	0,00
ш. Кӯлоб												
I <sub>хок - реша</sub>	0,72	0,98	0,31	0,00	0,93	1,39	0,97	0,00	0,88	1,00	0,52	2,19
I <sub>реша - поя</sub>	0,78	1,00	2,46	1,02	0,92	1,45	1,00	0,00	1,00	1,06	2,50	2,28
I <sub>поя - барг</sub>	1,31	1,00	0,73	0,91	1,01	1,45	1,00	0,00	1,00	0,93	0,88	0,55

Аз натиҷаҳои тадқиқоти гузаронидашуда бар меояд, ки раванди гузариш металлҳои вазнин дар таркиби растани «Ширинбия» ба меъёрҳои муқаррагардида наздикӣ мекунад, яъне миқдори аксарияти металлҳои вазнин дар таркиби ин растани аз меъёри муқаррарӣ камтар аст. Инчунин рафти таҳқиқот нишон дод, ки концентратсияи Pb, Zn нисбат ба концентратсияи ҳудуди иҷозатӣ (КҲИ) мутаносибан дар поя ва барги намунаҳои аз шаҳри Кӯлоб ҷамъоваришуда зиёдтар мебошад. Меъёри муқарраргардидаи кларк барои элементҳои Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Cu, Cr,

V, ва Ni – и намунаҳои аз шаҳри Кӯлоб гирифташуда ҷой дошта, миқдори элементҳои Co, Cu, Zn, MnO, Sr ва Pb нисбат ба меъёри кларк зиёд ба мушоҳида расид. Дар намунаҳои аз кӯҳи Ҳочамумини н. Восеъ ҷомъоваришуда миқдори Co, Cu, Zn, Sr дар хок ва тамоми қисмҳои растани аз меъёри муқарраршудаи кларк зиёд аст. Элементи кобалт, дар растани «Ширинбия» миқдори аз меъёри кларки он дар поя зиёдро нишон дод. Миқдори Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> бошад, дар таркиби хоки ҷойи сабзиш аз меъёри кларк зиёд аст.

Хамин тариқ, дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашуда мавҷудияти ҳиссаи металлҳои вазнин дар таркиби растании “Ширинбия” муайян карда шуд. Таҳқиқоти мазкур дар рушди соҳаи дорусозӣ заминаи амалӣ мегузорад. Аз натиҷаҳои таҳқиқот, ки дар шакли чадвал нишон дода шудаанд, мутахассисони соҳаи дорусозӣ метавонанд ба таври васеъ истифода баранд. Мутобиқати микдори металлҳои вазнини таркиби ин растани ба меъёрҳои муқарраргардида шаҳодат медиҳанд, ки растании “Ширинбия” қобили истифода дар соҳаи дорусозӣ мебошад.

#### АДАБИЁТ

1. Sebic, A.S. Heavy Metals Content in Selected Medicinal Plants Commonly Used as Components for Herbal Formulations / A. S. Sebic, R. Pivic, D. Josica, Z. Dinic, A. Stanojkovic // *Tarim bilimleri dergisi — journal of agricultural sciences.* – 2015, - v. 21, - Pp. 317-325.
2. Давлатмамадова, С.Ш. Исследование влияния низкоинтенсивного лазерного излучения и магнитного поля на спектральные характеристики листья одуванчика / С.Ш. Давлатмамадова, Т. Шукуров, Р. Марупов, С.Ф. Абдуллаев // *Вестник ТНУ*, - 2016, - №1/1(192), - С.142-146.
3. Шукуров, Т. Исследования влияния места произрастания на спектральные свойства лекарственного растения пастушья сумка обыкновенная методом спектроскопии / Т. Шукуров, С.Ш. Давлатмамадова, Р. Марупов, С.Ф. Абдуллаев // *Вестник ТНУ. Серия естественных наук.* - 2017. - № 1-2. - С. 125-132.
4. Шарофова, М.У. К вопросу о содержании переходных элементов в структурах растений / М.У. Шарофова, Ш.С. Сагдиева, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Ф. Рахими, М. Миршахи // *ДАН РТ.* - 2018, - т.61, - №4, - С.350-359.
5. Боймуродов, Д. С., Абдуллаев С. Ф. Фитохимические особенности видов девясила (*inula macrophylla*, *inula rhizosephal*), произрастающих в условиях южного склона Гиссарского хребта / Д. С. Боймуродов, С. Ф. Абдуллаев // *ДАН РТ.* - 2019, - т.62, - №5-6, - С.350-355.
6. Sharofova, M. First main series of transition elements with atomic numbers from 22 to 29, found in air pollution and detected in the plants from Tajikistan areas / M. Sharofova, S. Abdullaev, V. Maslov, Sh. Sagdieva, E.V. Shikh, M. Mirshahi // *Environ Monit Assess* 193, 127 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08909-2>
7. Валиев, Н. Р. Таҳқиқоти металлҳои вазнин дар таркиби гиёҳи шифобахши чокла (*Inula helinum L.*) / Н. Р. Валиев // *Кишоварз.* - 2022. - №4(97). – С.40- 45.
8. Шомаҳмадов, М.Ҷ. Муайян намудани микдори металлҳои вазнин дар таркиби гиёҳи шифобахши ширинбия / М.Ҷ. Шомаҳмадов, Х.И. Қодирова, С.Ф. Абдуллаев // *Паёми политехникӣ* - 2021. - №4(56). – С. 41- 45.
9. Ильин, Б.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / Б.Б. Ильин. - Новосибирск: Наука. Сиб. отделение. - 1991. – 151 с.
10. Титов, А.Ф. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н. М. Казнина // Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – 77 с.
11. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланина // Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, - 2014. – 194 с.
12. Barsova, N. Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation - A review / N. Barsova, O. Yakimenko, I. Tolpeshta, G. Motuzova // *Environmental pollution.* – 2019. – v. 249. – Pp. 200–207.
13. Снежко, С.И. Источники поступления тяжелых металлов в атмосферу / С.И.

- Снежко, О.Г. Шевченко // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2011. – №. 18. – С. 35–37.
14. Ходжиматов, М. Дикорастущие лекарственные растения Таджикистан / М. Ходжиматов // Главная научная редакция Таджикской Советской Энциклопедии. Душанбе, – 1989. - 364с.
15. Michael, T. Textbook of Natural Medicine / T.Michael, N.D. Murray// 2020. - P.641-647
16. ГОСТ Р 58588-2019 Отбор и подготовка растительных проб для изотопного анализа. - 2020. - 12 с.
17. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом РФА. – 2004, - М 049-П/04. СПб: ООО НПО «Спектрон», – 20 с.
18. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас, – М.: Мир, 1989. – 439 с.
19. Григорьев, А. В. Рентгенофлуоресцентный анализ растительных материалов, способы добавок и внешнего стандарта / А. В. Григорьев // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – 2012. – №. 144. – С. 82–91.
20. Марупов, Р.М. Содержание тяжелых металлов в пробах некоторых лекарственных растений Таджикистана / Р.М. Марупов, С.Ф. Абдуллаев, К.Х. Хайдаров, Г.М. Бобизода, Т. Шукуров, Дж. Н. Джалилов // ДАН РТ, - 2018, - т.61. - №6. - С. 350-359.
21. Зоҳидов, Х. Канзи шифо / Х. Зоҳидов // - Душанбе: Ирфон, 2013. -857с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ТРАВЫ СОЛОДКА ГЛАДКАЯ (*Glycyrrhiza glabra*)

*Валиев Н.Р., Абдуллозода С.Ф.*

**Аннотация.** В данной статье рентгенофлуоресцентным методом с использованием спектрометра SPECTROSCAN MAX-G исследованы тяжелые металлы в составе лекарственного растения «солодка гладкая» с почвой его произрастания, произрастающей в Хатлонской области. Количество тяжелых металлов в пробах Ходжамуминской горы Восейского района и г. Куляб различается. Определены коэффициенты задержки и накопления в составе органов растений. Содержание тяжелых металлов в частях растений в городе Кулябе выше, чем в горе Ходжамумин Восейского района, что свидетельствует об антропогенном влиянии. Рассчитан коэффициент интенсивности переноса тяжелых металлов из почвы в корень, из корня в стебель и из стебля в листьях растений.

**Ключевые слова:** лекарственное растение «солодка гладкая», почва, корень, стебель, лист, цветок, коэффициенты задержки и накопления, Коэффициент интенсивности переноса тяжелых металлов.

## RESEARCH OF HEAVY METALS IN THE COMPOSITION OF LIQUORICE HERB (*Glycyrrhiza glabra*)

*Valiev N.R., Abdullozoda S.F.*

**Annotation:** In this article, heavy metals in the composition of the medicinal plant "Shirinbia" and the soil of its growing area, which grows in Khatlon province, were studied by X-ray fluorescence method using SPECTROSCAN MAX-G spectrometer. The amount of heavy metals in the samples of Khojamumin mountain of Vose district and Kulob city differ from each other. Coefficients of delay and

*accumulation in the composition of plant organs were determined. Heavy metals in plant parts in Kulob city are higher than in Khojamumin mountain of Vose district, which indicates anthropogenic influence. The intensity coefficient of heavy metal transfer from soil to root, from root to stem and from stem to leaf was calculated.*

**Key words:** medicinal plant "liquorice", soil, root, stem, leaf, flower, coefficients of delay and accumulation, Coefficient of intensity of transmission of heavy metals.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Валиев Носир Раҳмоналиевич – унвончуи лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: valiev-ns@mail.ru, Абдуллозода Сабур Фузайл- доктори илмҳои физикаю математика, профессор, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: e-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com.

УДК 691:502.17

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА ИЗ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Хужаев П.С.<sup>1</sup>, Исматуллозода Дж. И.,  
Саидзода Дж.Х.<sup>1</sup>, Бобоев С.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими,*

<sup>2</sup>*Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени М. Улугбека*

**Аннотация:** В статье рассматриваются преимущества глино-саманного домостроения в сельской местности с теплотехнической и экономической точек зрения. Несущая стена глино-глиносаманного обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, что позволяет снизить расходы на отопление в холодные периоды. Кроме того, строительство глиносаманного требует меньше энергии и материалов, чем строительство дома из традиционных материалов, что также позволяет экономить.

**Ключевые слова:** глина, саман, газобетон, энергоэффективность, показатель, особенности, сопротивление теплоотдаче, теплоустойчивость, стоимость, расчет, экономия.

Ведение. Построить свой собственный дом своими руками - без использования дорогостоящей техники и найма рабочей бригады может быть обусловлено не только экономической составляющей, но и желанием вложить частичку себя в каждую деталь своего будущего жилого пространства. Возможность самостоятельно управлять процессом строительства, выбирать материалы, дизайн и функциональность помещений позволяют создать уникальное и уютное место для проживания.

Сравнительный анализ теплотехнических характеристик несущей стены глино-саманного и стены из другого материала

показал, что саманный дом более теплоустойчив и требует меньше энергии для поддержания комфортной температуры внутри помещений.

Экономическая оценка затрат на строительство и эксплуатацию показала, что саманный дом обладает более низкими эксплуатационными расходами и общей стоимостью постройки, по сравнению с домом из другого материала. Таким образом, саманный дом оказался наиболее экономически эффективным и дешевым в обслуживании.

В целом, исследование позволило выявить саманный дом как наиболее выгодный с точки зрения теплотехни-

ческих характеристик и экономической эффективности. Это подтверждает целесообразность использования саманного домостроения в пригороде для снижения затрат на отопление и обслуживание жилого помещения.

Такой подход не только позволяет сэкономить на строительстве, но и создает особую связь с домом, ведь каждый уголок будет наполнен личными усилиями и заботой о каждой детали. Это также способствует развитию навыков и умений в области строительства, что может пригодиться в будущем при обустройстве и ремонте жилья.

Поэтому, строительство частного дома своими силами может быть не только экономически и практически выгодным, но и принести огромное удовольствие и удовлетворение от создания своего уникального уголка на земле [1-11, 12, 15].

Глиносаман – это древний и эффективный материал для строительства домов, который широко использовался в разных культурах и эпохах. Его преимущества включают экологическую чистоту, хорошие теплоизоляционные свойства, доступность сырья и простоту в обработке и укладке.

Использование глиносамана для строительства домов позволяет создавать уютные и комфортные жилые пространства с низкими затратами. Этот материал обладает хорошей тепло- и звукоизоляцией, что делает дома из глиносамана комфортными для проживания в любое время года. Кроме того, саманные стены имеют отличную долговечность и могут служить долгие годы без потери своих качеств.

Изготовление глиносамана требует использования натуральных компонентов, что делает его экологически чистым и безопасным для здоровья жильцов. Благодаря своей мягкости и гибкости, саман устойчив к трещинам и деформациям, что позволяет строить дома из этого материала даже на слабых грунтах.

Все вышеперечисленные преимущества глиносамана делают его привлекательным материалом для строительства домов. Рассмотрим каждое из них более подробно:

1. **Шумоизоляция:** Саман обладает отличными звукоизоляционными свойствами, что способствует созданию тихой и спокойной обстановки внутри дома. Хорошая шумоизоляция помогает защитить жильцов от лишнего шума извне и улучшает качество жизни.

2. **Ветроустойчивость:** Стены из глиносамана обеспечивают надежную защиту от ветра, предотвращая инфильтрацию холодного воздуха в помещение. Это помогает сохранять тепло в доме и уменьшать расходы на отопление.

3. **Возможность создания любых форм:** Благодаря гибкости и удобству в обработке, саман позволяет строить дома различных форм, включая округлые стены. Это не только придает дому уникальный и оригинальный вид, но и помогает избежать значительных теплопотерь и образования конденсата в углах.

Использование глиносамана для строительства позволяет создавать комфортные и энергоэффективные дома с отличными звукоизоляционными и теплоизоляционными свойствами, что делает его привлекательным выбором для тех, кто ценит уют и экологическую чистоту в своем жилье [2-9].

При сравнении строительства дома из глиносамана и дома из газобетонных блоков, следует учитывать ряд ключевых критериев, таких как надежность, экономичность, долговечность, комфорт и другие.

1. **Надежность:** Оба материала, саман и газобетон, могут быть надежными для строительства домов при правильной укладке и обработке. Однако газобетонные блоки обычно имеют более высокую прочность, что делает их более устойчивыми к воздействию внешних факторов.

2. Экономичность: Саманный дом может быть более экономичным в плане сырьевых затрат, поскольку для его строительства требуется использовать доступные и дешевые материалы. Однако, стоимость строительства дома из газобетонных блоков может быть более предсказуемой и стабильной.

3. Долговечность: Газобетонные блоки обладают хорошей долговечностью и могут служить долгие годы без потери своих качеств. Саманные стены, несмотря на свою прочность, требуют более тщательного ухода и обслуживания.

4. Комфорт: Оба материала обладают хорошими теплоизоляционными свойствами, что обеспечивает комфортное проживание внутри дома. Однако саман также обладает отличной звукоизоляци-

ей, что может создавать более тихую и спокойную обстановку.

При выборе между саманным домом и домом из газобетонных блоков, необходимо учитывать личные предпочтения и приоритеты, а также основные требования к строительству. Оба материала имеют свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от конкретных условий и потребностей заказчика.

Для сравнения глиносаманного и дома из газобетонных блоков по энергетическим требованиям, теплоустойчивости и экономическим показателям, необходимо произвести расчеты на сопротивление теплопередаче и теплоустойчивость обоих материалов, а также провести экономическую оценку затрат на строительство и эксплуатацию.



Рисунок 1. Строительство здания из глиносаманных и газобетонных блоков

Для расчета теплопроводности стен и расчета на сопротивление теплопередаче следует использовать теплотехнические характеристики каждого материала (глиносамана и газобетонных блоков), а также учитывать толщину стен.

Для оценки экономических затрат, необходимо учесть стоимость материалов и трудозатрат на строительство каждого вида дома, а также расходы на отопление/кондиционирование в течение года. Учитывая указанные параметры, можно будет

определить, какой вариант строительства (саманный дом или дом из газобетонных блоков) будет более экономически эффективным и устойчивым к теплопотерям [4-8].

Важно также рассмотреть влияние всех факторов, таких как климатические условия, толщина стен, качество укладки материала и другие аспекты, которые могут повлиять на результаты сравнения двух вариантов строительства.

Таблица 1

Основные расчетные характеристики рассматриваемых материалов в условиях Рашта

Показатель	Обознач.	Ед.изм	Материал	
			Саман	Газобетон
Толщина стены	$\delta$	м	0.5	0.5
Коэффициент теплопроводности	$\lambda$	Вт/м <sup>°С</sup>	0.18	0.22
Температура внутреннего воздуха	$t_{в}$	°С	20	
Температура наружного воздуха	$t_{н}$	°С	25.	
Температура отопительного периода	$t_{от.пр.}$	°С	1,6	
Продолжительность отопит. периода	$Z_{от.пр}$	Сутки	147	
Коэффициент поглощения солнечной радиации	$\rho$	б/р	0,5	0,7
Расчетные коэффициенты теплоусвоения	$s$	Вт/м <sup>2</sup>	3,89	3,36
Коэффициент теплоотдачи внутр. поверхности		Вт/м <sup>2</sup> °С	8,7	
Коэффициент теплоотдачи наружных. поверхности		Вт/м <sup>2</sup> °С	23	

Для проведения расчетов на сопротивление теплопередаче и теплоустойчивость, а также экономической оценки глиносаманного и дома из газобетонных блоков в условиях Рашта, необходимо учитывать данные, приведенные в таблице 1, в соответствии с соответствующими строительными нормами и стандартами.

Для газобетонных блоков, принятых на цементном вяжущем, следует исполь-

зовать данные из СП 50.13330.2012, которые учитывают теплотехнические характеристики этого материала.

Для глиносамана данные исследований по ГОСТ, приведенные в источнике, могут быть использованы для расчетов, учитывая особенности этого материала и его теплоизоляционные свойства.

Условия эксплуатации в городе Рашт (климатические условия, температурные

колебания и прочее) также необходимо учитывать при оценке теплотехнических параметров и экономической эффективности выбора одного из вариантов строительства.

Исходя из всех этих данных и расчетов, можно будет определить, какой вариант дома (саманный или из газобетонных блоков) будет оптимальным с точки зрения теплозащиты, теплоустойчивости и экономических затрат в конкретных условиях Рашта.

Расчет на сопротивление теплопередаче. Термическое сопротивление  $R$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , определяется по формуле:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

Для газобетонной стены:

$$R_{\text{газ.б.}} = \frac{\delta_r}{\lambda_r} = \frac{0.5}{0.22} = 2.27 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт},$$

Для саманной стены:

$$R_{\text{сам}} = \frac{\delta_{\text{сам}}}{\lambda_{\text{сам}}} = \frac{0.5}{0.18} = 2.78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт},$$

Для определения требуемого сопротивления теплопередаче для обеспечения энергосбережения необходимо вычислить величину градусо-суток отопительного периода (ГСОП).

ГСОП вычисляется по формуле:

$$\text{ГСОП} = \sum (t_{\text{вн}} - t_{\text{нр}}) \cdot Z_{\text{от.пр.}} = \sum (20 - 1,6) \cdot 147 = 2705 \text{ °C} \cdot \text{сут}$$

где:

$t_{\text{вн}}$  - средняя температура наружного воздуха в отопительный период;

$t_{\text{нр}}$  - нормируемая внутренняя температура (обычно принимается равной  $+20\text{°C}$ );

$Z_{\text{от.пр.}}$  - продолжительность отопительного периода (в сутках).

После вычисления величины ГСОП можно определить требуемое сопротивление теплопередаче, которое будет зависеть от площади наружных ограждающих конструкций здания, коэффициента теплопроводности материалов, их толщины и других параметров.

После проведения всех необходимых расчетов, можно сделать вывод о том, какое сопротивление теплопередаче требуется для обеспечения энергосбережения в условиях Рашта и определить, какой вариант строительства (саманный дом или дом из газобетонных блоков) будет более эффективным с точки зрения энергосбережения.

При ГСОП = 2705  $\text{°C} \cdot \text{сут}$  определим  $R_0^{\text{тп}}$  интерполяцией по таблице 3 СП [7-10]:

$$R_0^{\text{тп}} = 0,86 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Если мы примем толщину стены равной 50 см, то сможем оценить, сможем ли обойтись без дополнительного утеплителя за счет увеличения толщины стены.

Для газобетонных блоков с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,15 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$ , толщина 50 см обеспечит некоторое сопротивление теплопередаче, однако это может быть недостаточно для выполнения требований по энергосбережению.

Для глиносамана, у которого коэффициент теплопроводности меньше, увеличение толщины стены до 50 см также может быть не достаточным для обеспечения необходимой теплоизоляции.

Для точного расчета необходимо провести более подробные тепло-технические расчеты, учитывающие все параметры строительных материалов и конструкций, климатические условия и т.д.

Таким образом, рекомендуется провести расчеты с использованием специализированных программ или обратиться к специалистам в области строительства и теплоизоляции для определения оптимальной толщины стен и необходимости применения утеплителя для обеспечения энергосбережения в конкретных условиях Рашта.

Для газобетонной стены:

$$R_{\text{газ.б.}} = \frac{\delta_r}{\lambda_r} = \frac{0.5}{0.22} = 2.27 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт},$$

Для саманной стены:

$$R_{сам} = \frac{\delta_{сам}}{\lambda_{сам}} = \frac{0.5}{0.18} = 2,77 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт},$$

Согласно полученным данным, стена из глиносамана толщиной 50 см может удовлетворять энергетическим требованиям без необходимости добавления дополнительного утеплителя. Это связано с более низким коэффициентом теплопроводности материала и хорошей теплоизоляцией саманных конструкций [1-7].

С другой стороны, стена из газобетона средней плотности, несмотря на то что среди современных строительных материалов обладает относительно хорошей теплоизоляцией, может не справиться с требованиями к сопротивлению теплопередаче при толщине в 50 см. Для обеспечения энергосбережения в такой стене возможно потребуются добавление утеплителя или применение других технологий теплоизоляции.

Таким образом, в данном случае стена из глиносамана может быть более эффективным решением с точки зрения сохранения тепла и обеспечения энергосбережения, в то время как стена из газобетона может потребовать дополнительных мероприятий по улучшению теплоизоляции.

**Расчет на теплоустойчивость.** Расчет на теплоустойчивость имеет цель определить расчетную амплитуду колебаний температур внутренней поверхности стены, что непосредственно влияет на скорость и интенсивность изменения температуры помещения.

Для выполнения расчета на теплоустойчивость стены необходимо учитывать следующие параметры:

1. Теплотехнические характеристики стройматериала: коэффициент теплопроводности материала, плотность, теплоемкость и другие физические свойства.

2. Толщину стены и её конструктивные особенности (наличие утеплителя, вентиляционных промежутков и т.д.).

3. Климатические условия региона и факторы внешней среды, включая температуру окружающего воздуха, влажность, скорость ветра и др.

4. Температурный режим внутри помещения, теплоотдачу от обогревательного оборудования и т.д.

5. Требования строительных норм и правил к теплоизоляции и теплозащите зданий в конкретном регионе.

После учета всех перечисленных факторов можно выполнить расчет на теплоустойчивость стены, определить расчетную амплитуду колебаний температур внутренней поверхности и оценить, насколько стена эффективно сохраняет тепло в помещении.

Расчет теплоустойчивости стен может быть выполнен с использованием специализированных программных комплексов для анализа тепловых процессов в строительных конструкциях или обратившись к квалифицированным специалистам в области инженерного проектирования

Расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $A_{тв}, ^\circ\text{C}$  определяется по формуле:

$$A_{тв} = \frac{A_{тв}^{расч}}{\nu} \quad 1)$$

где  $\nu$ - величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции, рассчитывается согласно п. 6.4 СП [7];

Для расчета величины затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции в соответствии с п. 6.4 СП (строительным нормативом или Строительным правилом) требуется обратиться к указанному пункту данного документа. В этом пункте должны быть указаны методики и формулы для расчета величины затухания.

СП или другие строительные нормативы обычно содержат необходимые указа-

ния и формулы для проведения расчетов в соответствии с нормами и правилами строительства. Поэтому, чтобы правильно выполнить расчет величины затухания, следует обратиться к соответствующему пункту указанного нормативного документа[4-11].

Для определения расчетной амплитуды колебаний  $A_{ТВ}^{расч}$  температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции используется следующая формула:

$$A_{ТВ}^{расч} = 0.5 \cdot A_{тн} \frac{\rho(l_{max}-l_{min})}{a_n} \quad 2)$$

где  $A_{тн}$  - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °C, принимаемая по таблице 11.1\* СП [7]

Для газобетонной стены:

$$A_{ТВ}^{расч} = 0.5 \cdot A_{тн} \frac{\rho(l_{max}-l_{min})}{a_n} = 29,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для саманной стены:

$$A_{ТВ}^{расч} = 0.5 \cdot A_{тн} \frac{\rho(l_{max}-l_{min})}{a_n} = 24,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции  $v$ , определяется по формуле

$$v = 0,9e^{\frac{\sum D}{\sqrt{2}}} * \frac{(s_1 + \alpha_n)(s_2 + Y_1)...(s_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2)...(s_n + Y_n)\alpha_n} \quad 3)$$

где  $D$  – тепловая инерция ограждающей конструкции;

$Y_1, Y_2, Y_3$  – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности ограждающей конструкции  $Y$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), необходимо предварительно определить тепловую инерцию ( $D$ ) ограждения по формуле:

Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности ограждающей конструкции используется тепловая инерция ограждения ( $D$ ), которая определяется по формуле:

$$D_i = R_i * S_i \quad (4)$$

Тепловая инерция: для газобетона

$$D_{газ} = R_{газ} * S_{газ} = 7.36, D_c = R_c * S_c = 10,81$$

После определения тепловой инерции ограждения можно дальше использовать эту информацию для вычисления коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности ограждающей конструкции.

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя  $Y$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), с тепловой инерцией  $D \geq 1$  следует принимать равным расчетному коэффициенту теплоусвоения ( $s$ ) материала этого слоя конструкции. В нашем случае для обоих материалов  $D \geq 1$ .

Тогда: Для газобетонной стены:  $v=423.7$

$$A_{тв} = \frac{A_{ТВ}^{расч}}{v} = \frac{29.15}{422.7} = 0.069 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для саманной стены:  $v=3467.07$

$$A_{тв} = \frac{A_{ТВ}^{расч}}{v} = \frac{24.02}{3467.07} = 0.0069 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Из полученных результатов мы видим, что дом из саманных стен более теплоустойчив, чем из газобетона на порядок (практически в 10 раз). У саманных стен высокая тепловая инерция, так как материал имеет высокую плотность и удельную теплоемкость. Из-за этого саманные стены обладают хорошей теплоизоляцией и сохраняют более стабильную температуру в помещении. В то время как газобетон, хоть и является легким материалом, обладает низкой тепловой инерцией и менее эффективен в сохранении тепла.

Поэтому дом, построенный из саманных стен, будет более тепло-устойчивым и может обеспечить более комфортные условия проживания в нем.

**Экономическая оценка.** На основании предоставленных данных можно сделать вывод о том, что дом из глиносамана имеет ряд преимуществ по сравнению с домом из газобетонных блоков на стадии строительства.

Первое преимущество заключается в возможности использования грунта, который может быть найден на месте стро-

ительства или привезен за относительно небольшую плату, в качестве основного строительного материала для дома из глиносамана. Это существенно снижает затраты на материалы по сравнению с покупкой газобетонных блоков.

Второе преимущество связано с теплоизоляцией. Дом из глиносамана требует значительно меньше утеплителя, чем дом из газобетонных блоков. При толщине стены 50 см даже дополнительная утеплительная работа для дома из глиносамана не требуется, что также позволяет сэкономить на материалах и труде.

По этому, на основании предоставленных данных о стадии строительства, можно заключить, что строительство дома из глиносамана может быть более экономически эффективным вариантом по сравнению с домом из газобетонных блоков. А также, использование глиносамана как строительного материала может быть более удобным и доступным для самостоятельного возведения дома.

Из предоставленных данных видно, что дом из глиносамана имеет значительные преимущества по теплоизоляции по сравнению с домом из газобетона. Второй расчет показал, что дом из глиносамана превосходит газобетонный дом по теплоустойчивости практически в 10 раз. Это говорит о том, что дом из глиносамана будет более эффективным в сохранении тепла, что в конечном итоге приведет к существенной экономии на расходах на отопление зимой и кондиционирование летом [1,3,4,7-11].

Таким образом, проведенные теплотехнические расчеты и экономическая оценка позволяют утверждать, что дом из глиносамана не только обеспечивает комфорт, теплоизоляцию и надежность, но также имеет значительные преимущества с точки зрения экономической эффективности. Поэтому выбор дома из глиносамана может быть более выгодным вари-

антом для строительства и эксплуатации в сравнении с домом из газобетона.

**Заключение.** В заключение, использование природных материалов, таких как саман, при создании энергоэффективного дома имеет целый ряд экологических преимуществ. Во-первых, такие материалы обладают низким уровнем вредных выбросов при производстве и эксплуатации, что способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, природные материалы имеют высокую теплоизоляционную способность, что позволяет сэкономить на отоплении и кондиционировании воздуха.

При этом, создание энергоэффективного дома из природных материалов, таких как саман, соответствует современным требованиям устойчивого развития и способствует сохранению природных ресурсов. Поэтому важно учитывать экологические аспекты и предпочтения при выборе материалов и технологий для строительства жилых объектов.

Таким образом, выбор глиносаманного может не только обеспечить комфортные условия проживания, но и привести к заметной экономии средств в долгосрочной перспективе.

#### **Литература**

1. Ливчак В.И. Установление уровней удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение многоквартирных домов и обеспечивающих их систем автоматизации теплопотребления // ЭНЕРГОСОВЕТ. – 2012. – № 4 (23) (июль–август).
2. Шокиров Р.М., Каримов Н.М., Мухибуллоев Н.М. Повышение теплозащитных качеств наружных стен зданий из легких блоков (на примере Таджикистана) // Политехнический вестник. Серия: инженерные исследования. Душанбе, 2020. № 3, С. 133-138.
3. Поччоев М.М., Хужаев П.С. Анализ теплозащитных свойств наружных

- ограждений сельских жилых зданий. // Вестник Таджикского технического университета. Политехнический вестник –серия; Инженерные исследования – Душанбе, 2019. -№4(48). – С.140 -144
4. Хужаев П.С., Поччоев М.М., Абдуллаева Ф.Р Анализ теплозащитных свойств наружных ограждений сельских жилых зданий. // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века» технические науки iv том science and education in the modern world: challenges of the XXI century" nur-sultan, kazakhstan, april 2021 с 46 - 51
  5. Шокиров Р.М Повышение энергоэффективности зданий в Республике Таджикистан //Инженерный вестник Дона, №3, С.87 (2022) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7505
  6. Хужаев П.С., Поччоев М.М. Тепло-влажностный режим наружных ограждений на примере наружной стены с утеплением из минераловатного блока. // материалы международной научно-практической конференции на тему: «Современные проблемы металлургической промышленности», посвященной провозглашению четвертой общенациональной цели – индустриализации страны и 25-летию кафедры «Металлургия» (9-10 декабря 2021 г.) Душанбе 2021 С 283-290
  7. Хужаев П.С. Омилҳои паст шудани хусусиятҳои гармимухофизӣ ва баланд бардоштани характеристикаи гармимухофизии қабатҳои ихтотавии бино. // ВЕСТНИК. Таджикского Национального Университета. Серия геологических и технических наук 2023. №1 ISSN 2664-1534 – С.167-177 2023.
  8. Хужаев П.С., Исмаилов Д.И., Хасанов Ф.Н. Энергоэффективные стеновые ограждения зданий с высокими теплозащитными характеристиками // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии национальной академии наук Таджикистана. Том 3. Стр 109-118 Душанбе
  9. СНиП II-3-79\* (98) “Строительная теплотехника”

## ЧАБҲАҲОИ ЭКОЛОГИИ БУНЁДИ БИНОҲОИ ЭНЕРГИЯСАМАРАНOK АЗ МАСОЛЕҲОИ ТАБИЙ

*Хужаев П.С., Исмаилов Д.И., Саидзода Ч.Х., Бобоев С.М.*

*Аннотатсия:* Дар мақолаи бартариҳои иморатсозӣ бо истифодаи деворҳои аз хиштҳои гилкоҳӣ дар деҳотҷойҳо, аз нуқтаи назари гармотехникӣ ва иқтисодӣ мавриди баррасиву таҳлил қарор дода шудааст. Деворҳои борбардори биноҳои гилкоҳӣ дорои хусусиятҳои беҳтарини гармимухофизӣ буда, истифодаи онҳо имкон медиҳад, ки хароҷоти энергияро барои гармкунии онҳо дар фасли сармо кам намоем. Ғайр аз ин, бунёди бинои гилкоҳӣ сарфи ниҳоят кам энергия ва масолеҳхоро, нисбати биноҳои аз масолеҳҳои ағнаванӣ сохташаванда таъмин менамояд ва дар натиҷа бартарии иқтисодиро ба вуҷуд меорад.

*Калидвожаҳо:* гил, коҳ, газобетон, энергиясамаранокӣ, нишондиҳанда, хусусият, муқовимати гармигузаронӣ, гармиустуворӣ, арзиши, ҳисоб, сарфакорӣ.

## ENVIRONMENTAL ASPECTS AND IDEAS WHEN CREATING ENERGY-EFFICIENT HOUSES FROM RAW MATERIALS

*Khudzhaev P.S., Ismatullozoda D. I., Saidzoda J.H., Boboev S.M.*

**Abstract:** *The article discusses the advantages of adobe housing construction in the suburbs from the thermal and economic side. The study showed that an adobe house has a number of advantages both from a thermal and economic point of view. The load-bearing wall of an adobe house has good thermal insulation properties, which reduces heating costs during cold periods. In addition, the construction of an adobe house requires less energy and materials than building a house from traditional materials, which also allows you to save money.*

**Keywords:** *adobe, aerated concrete, energy efficiency, indicator, features, heat transfer resistance, heat resistance, cost, calculation, economy.*

**Сведения об авторах:** Хужаев Парвиз Сайдгуфронович – к.т.н., доцент Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Телефон: (+992) 985100333. E-mail: pkhujaev@gmail.com; Исмадуллозода Джамшед Исмадулло - соискатель Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Телефон: (+992) 985487020; Саидзода Джамшед Хамро - д.т.н., и.о.проф. Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Телефон: (+992) 918668171. E-mail: jamshed@mail.ru; Бобоев Собирджон Муродуллоевич – к.т.н., профессор Самаркандского государственного университета архитектуры и строительства им. М.Улугбека.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Хучаев Парвиз Сайдгуфронович – н.и.т., дотсенти Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, Телефон: (+992) 985100333. E-mail: pkhujaev@gmail.com; Исмадуллозода Ҷамшед Исмадулло – унвонҷуи Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, Телефон: (+992) 985487020; Саидзода Ҷамшед Хамро - д.и.т., и.в. профессори Донишгоҳи техники Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, Телефон: (+992) 918668171. E-mail: jamshed@mail.ru; Бобоев Собирҷон Муродуллоевич - д.и.т., профессори Донишгоҳи давлатии меъморӣ ва сохтмони ба номи М.Улугбек.

**Information about authors:** Khuzhaev Parviz Saidgufronovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Tajik Technical University named after academician M.S. Oshimi, Phone: (+992) 985100333. E-mail: pkhujaev@gmail.com; Ismatullozoda Kamshed Ismatullo - applicant for the Tajik Technical University named after academician M.S. Oshimi, Phone: (+992) 985487020; Saidzoda Jamshed Hamro - Doctor of Technical Sciences, Acting Prof. Tajik Technical University named after academician M.S. Oshimi, Phone: (+992) 918668171. E-mail: jamshed@mail.ru; Boboev Sobirgon Murodulloevich – Ph.D., Professor of Samarkand State University of Architecture and Construction named after. M. Ulugbek.

УДК 502.3:502.52

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

*Азизов Р.О.<sup>1</sup>, Мамадов И.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Центр инновационного развития науки и новых технологий НАНТ*

<sup>2</sup>*ОО «Молодежная группа по защите окружающей среды»*

**Аннотация:** *в данной статье исследуются подходы к мониторингу качества атмосферного воздуха, основанных на нормативно-правовой базе Республики Таджикистан и рассмотрены способы интеграции систем мониторинга. Приведены общеиспользуемые примеры сбора и визуализации данных, а также опыт создания сети мониторинга в городе Худжанд на основе анализа полученных результатов исследований.*

**Ключевые слова:** *загрязнение воздуха, PM<sub>2,5</sub>, изменение климата, приземная атмосфера, окружающая среда, температура, влажность, сеть мониторинга.*

Актуальность. Загрязнение атмосферного воздуха приводит к серьезному нарушению экосистемы и влечёт для человечества огромные экономические и социальные последствия.

В августе 2023 года были опубликованы результаты исследования Всемирного Банка (ВБ), по результатам которых установлено среднегодовое значение концентрации PM<sub>2.5</sub>, рассчитанное на

численность населения Республики Таджикистан, что составило 35,93 мкг/м<sup>3</sup>, превышающее предельное значение ЕС (25 мкг/м<sup>3</sup>), а также выше целевого показателя ВОЗ (5 мкг/м<sup>3</sup>) [1]. Повышенные концентрации PM<sub>2.5</sub> установлены в более густонаселенной западной территории республики, а в горной восточной части уровень концентрации находится ниже средних значений (рис.1.).

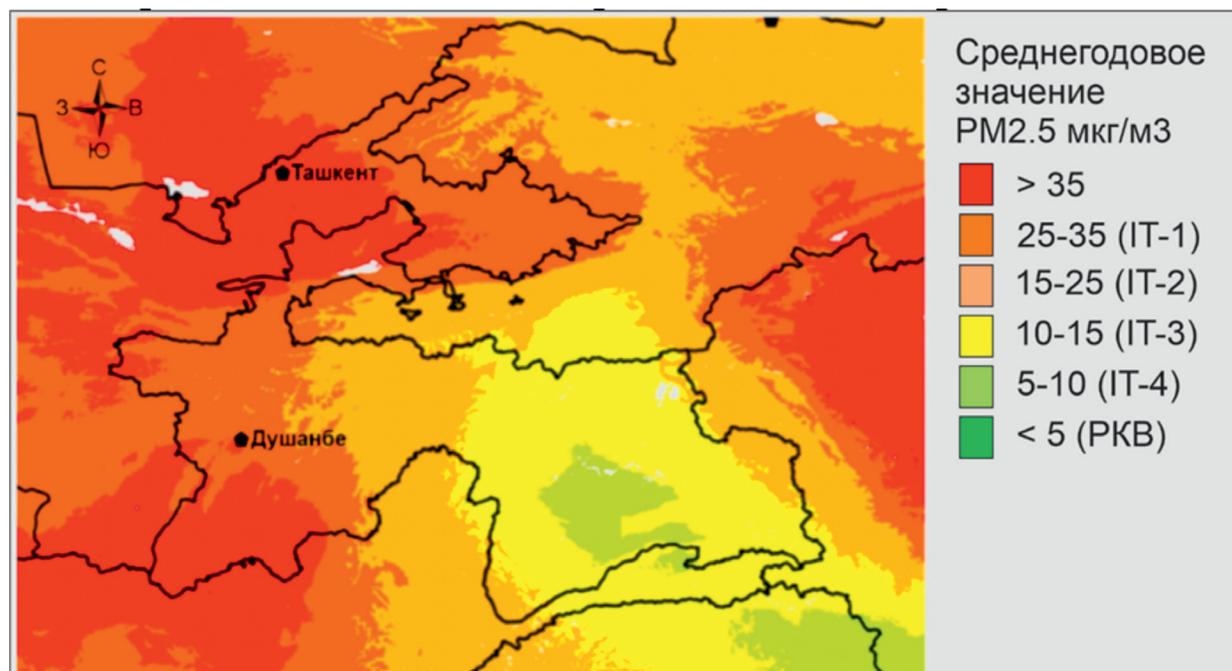


Рис.1. Среднегодовая поверхностная концентрация PM<sub>2.5</sub> в Республике Таджикистан в 2021 году [2].

В связи с отсутствием полноценной комплексной системы мониторинга качества воздуха в РТ (данные имеются только за 2019–2021 годы), в настоящий период показатели регистрируются автоматическими станциями мониторинга, расположенными в здании Гидромета и в Посольстве США, а также пятью ручными станциями, установленными в г. Душанбе. На данный момент нет полной картины о состоянии качества воздуха по отдельным регионам. При этом, станции не равномерно распределены по территории города и не охватывают такие раз-

личные источники, как фоновое значение, автотранспорт, частный сектор, промышленность и другие.

По оценочному распределению выбросов PM<sub>2.5</sub> по отдельным источникам распределен следующим образом: 1. Пыль, переносимая ветром – 33%; 2. Отопление индивидуальных жилых домов – 31%; 3. Сектор энергетики – 9%; 4. Отходы – 7%; 5. Промышленность – 4%; 6. Транспорт – 3% [3]. Согласно оценке, 40 процентов концентраций PM<sub>2.5</sub> могут быть непосредственно отнесены к сжиганию ископаемого топлива (рис.2.)



Рис.2. Распределение источников загрязнения и формирование среднегодовой концентрации PM2.5 в г. Душанбе

Используя методику расчёта средних затрат [4], рассчитаны предварительные инвестиционные потребности для внедрения мер по снижению уровня PM2.5 примерно на 13%, только для г. Душанбе, требуется около в 111 млн. долларов США.

Методика исследования и используемое оборудование. В глобальном масштабе, использование систем мониторинга качества воздуха можно разделить на два уровня. Первый уровень основывается на использовании высокоточных станций, которые выступают как эталонные показатели и используются в большей части государственными контролирующими органами и исследовательскими институтами. Второй - индикативные сенсоры, которые имеют погрешность +/- до 20%, но являются в разы дешевле высокоточных станций.

В исследовании [5] приведены данные о работе аналогичных недорогих датчиков (Low-Cost Sensor - LCS) и сравнение их показателей по замерам PM2,5 (мкг/м3), PM10 (мкг/м3) с показателями стационарных пунктов мониторинга окружающей среды AQMD, которые использовали

эталонные приборы типа МКЭ GRIMM, МКЭ T640 и ГРИММ ЭДМ 180 с оптическим счётчиком частиц SDS011 от Nova Фитнес и FEM. При этом, необходимо отметить, что стоимость эталонных станции начинается от 20000 долларов США, а датчиков LCS – около 175 долларов США в стандартном исполнении, которые включают сенсоры PM1, PM2,5, PM10 по замерам температуры, влажности и давления.

В настоящей работе подход исследования основан на создании автоматизированной сети мониторинга, в которой используются сенсоры типа PMS5003. В данном контексте, датчики такого типа могут быть использованы для общественного мониторинга, в частности для предоставления информации о качестве местного воздуха в режиме реального времени и поддержки индивидуальных решений, а также могут использоваться для определения долгосрочных тенденций. Например, для количественной оценки воздействия на население или последствий новой политики по снижению загрязнения.

Вопросы мониторинга качества воз-

духа регулируются законами Республики Таджикистан «Об охране атмосферного воздуха» от 28.12.2012 г. № 915, «Об экологическом мониторинге» от 25 марта 2011 года № 707. При этом, в законах не отражены вопросы, регламентирующие мониторинг качества воздуха с помощью автоматических станций мониторинга качества воздуха и датчиков.

Правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы пылью в городах и населенных пунктах Республики Таджикистан регламентируются требованиями ГОСТ 17.2.3.01—86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» [6].

Количество постов определяется в зависимости от численности населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации, метеорологических особенностей и т.д.

Согласно РД 52.04.186-89, расчет постов следующий: 1 пост - до 50 тыс. жителей; 2 поста - 50 - 100 тыс. жителей; 2 - 3 поста - 100 - 200 тыс. жителей; 3 - 5 постов - 200 - 500 тыс. жителей; 5 - 10 постов - более 500 тыс. жителей [7].

При определении приземной концен-

трации примеси в атмосфере отбор проб и измерение концентрации примеси проводятся на высоте 1,5—3,5 м от поверхности земли. Продолжительность отбора проб воздуха для определения разовых концентраций примесей составляет 20-30 мин.

Для получения репрезентативной картины распределения концентрации примеси по городу, посты необходимо устанавливать в первую очередь в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административном центре населенного пункта и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках и зонах отдыха населения.

Исходя из действующих методик построения сети наблюдений и с учетом задач исследования, распределения источников выбросов города, особенностей его климатических характеристик были выбраны четыре точки размещения датчиков на территории города Худжанд.

Ниже (рис.3.) приведена общая информация по расположению датчиков измерения концентрации частиц серии PMS5003 в г.Худжанд и нахождения промышленных зон.

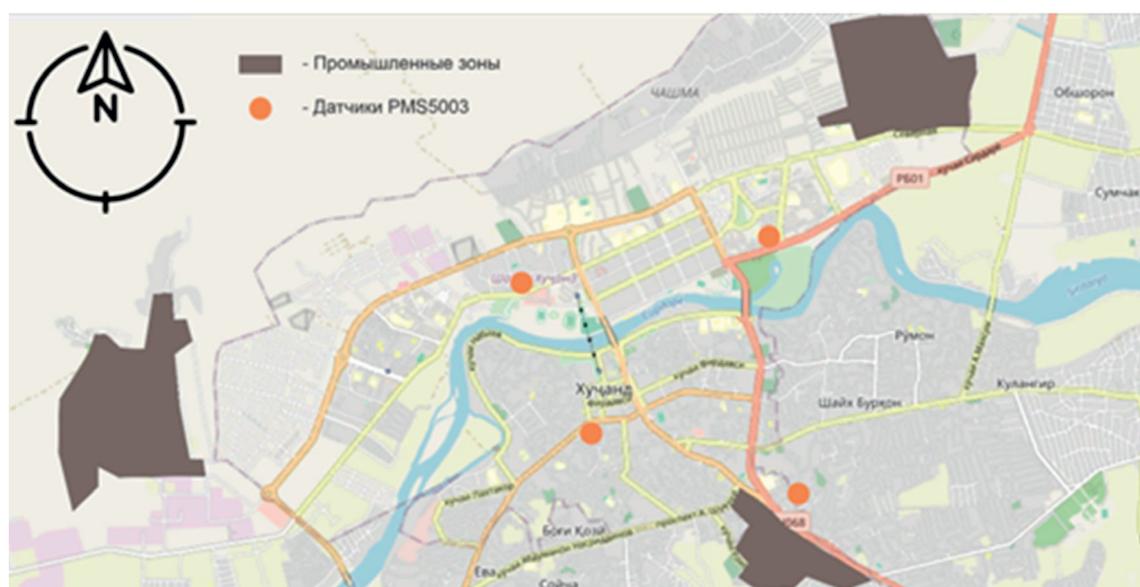


Рис. 3. Карта расположения датчиков измерения концентрации частиц серии PMS5003 и промышленных зон в г.Худжанд

Город Худжанд имеет три основных транспортных коридора, которые идут в направлении Северо-Восток, Юго-Восток и Юго-Запад. В этих же направлениях расположены промышленные территории Юго-Западная и Северо-Восточная, которые находятся в периферии города за исключением Юго-Восточной промышленной зоны, которая расположена внутри города (рис.3).

При выборе точек установки датчиков измерения концентрации частиц серии PMS5003 учитывалось расположение сети мониторинга с обеспечением максимального охвата территории города, а также главных транспортных коридоров. При этом один датчик был установлен в

19 микрорайоне, который является одним из густонаселенных, второй на территории 31 микрорайона, третий на территории квартала «Чорчарог» и четвертый на территории района «Шелкокомбината». С учетом необходимости обеспечения сохранности датчиков, питания и связи для передачи данных, датчики были установлены на высоте от 1,5 до 10 метров.

Результаты исследования. Предварительный анализ данных из расчета средних показателей, зарегистрированных за сутки с датчиков PMS5003, в период с 7 марта 2021 года по 7 июня 2023 года, свидетельствует о сезонном повышении концентрации ТЧ<sub>2,5</sub> с октября по апрель месяцы (рис.4).

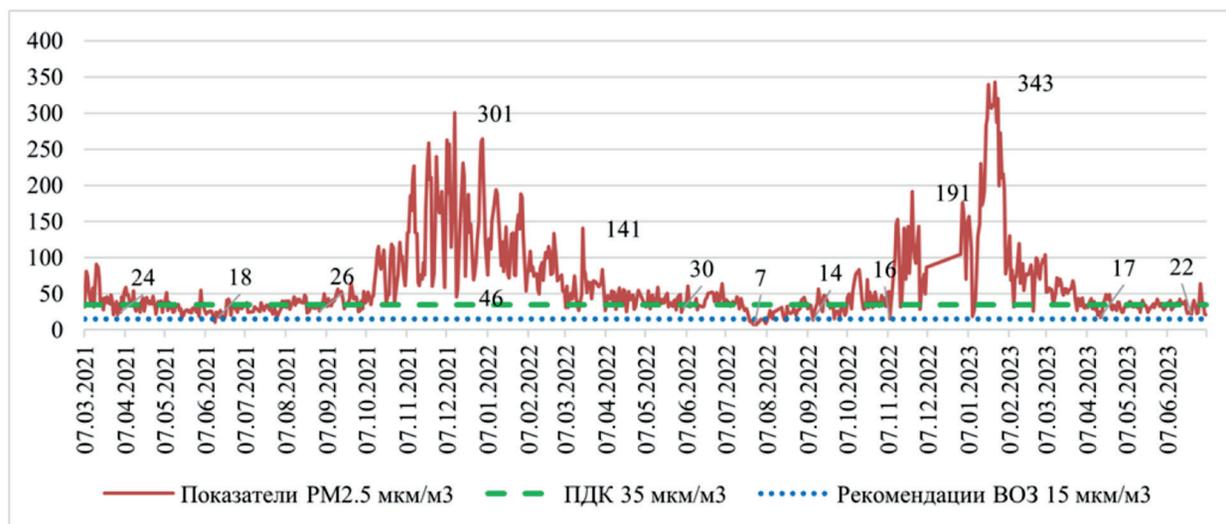


Рис. 4. Показатели концентрации PM<sub>2,5</sub> (средние за сутки), по 19 мкр. г. Худжанд.

По мере изменения температурных показателей и влажности воздуха, концентрация ТЧ<sub>2,5</sub> меняется (рис.5). В частности, понижение температуры атмосферы и повышение влажности приводит к повышению концентрации ТЧ<sub>2,5</sub>, т.е. в осенне-зимний период концентрация резко увеличивается. Данное явление также принято называть температурной инверсией или же инверсией температуры атмосферы.

Важно отметить, что индикативные системы имеют широкие возможности по настройке сбора и обработки данных, в частности установки времени измерения, суммирования и записи данных. В нашей системе, использован подход сбора данных за каждый час и средний показатель за 24 часа, по PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, температуре, влажности и атмосферному давлению.

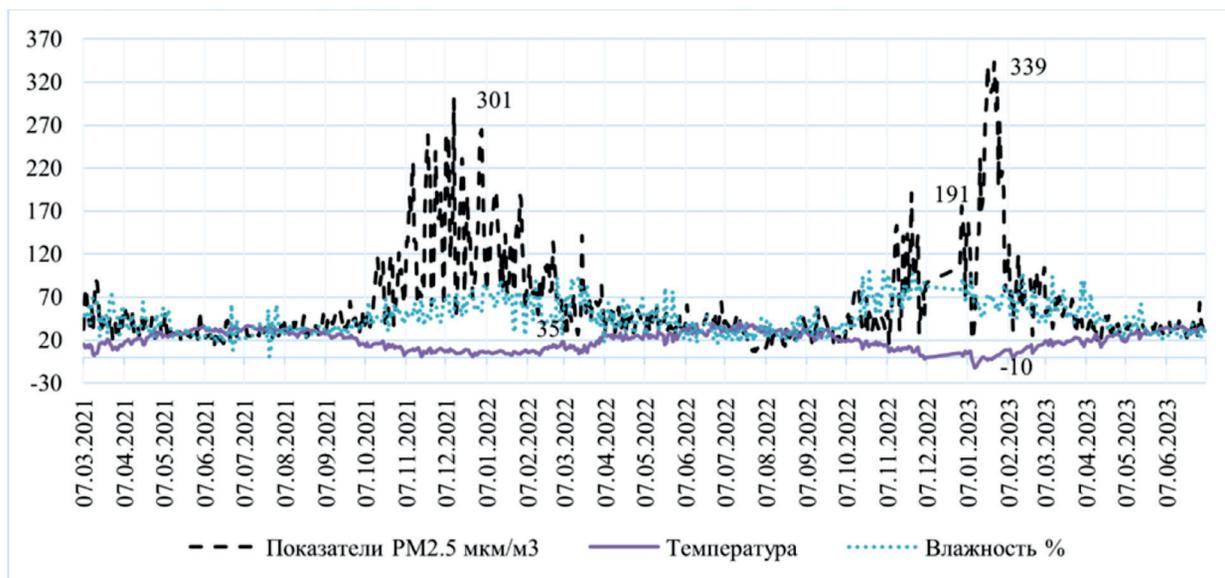


Рис. 5. Показатели концентрации PM2,5 (средние за сутки), температуры и влажности по 19 мкр. г. Худжанд

В ноябре 2021 года на в большинстве городов Центральной Азии, включая г. Худжанд была зафиксирована пыльная буря, которая по масштабу, концентрации и продолжительности превысила ра-

нее зафиксированные в несколько раз. Именно в эти дни, датчики ТЧ PMS5003 установленные в городе Худжанд зафиксировали резкое повышение концентрации PM1, PM2,5 и PM10 (рис.6).

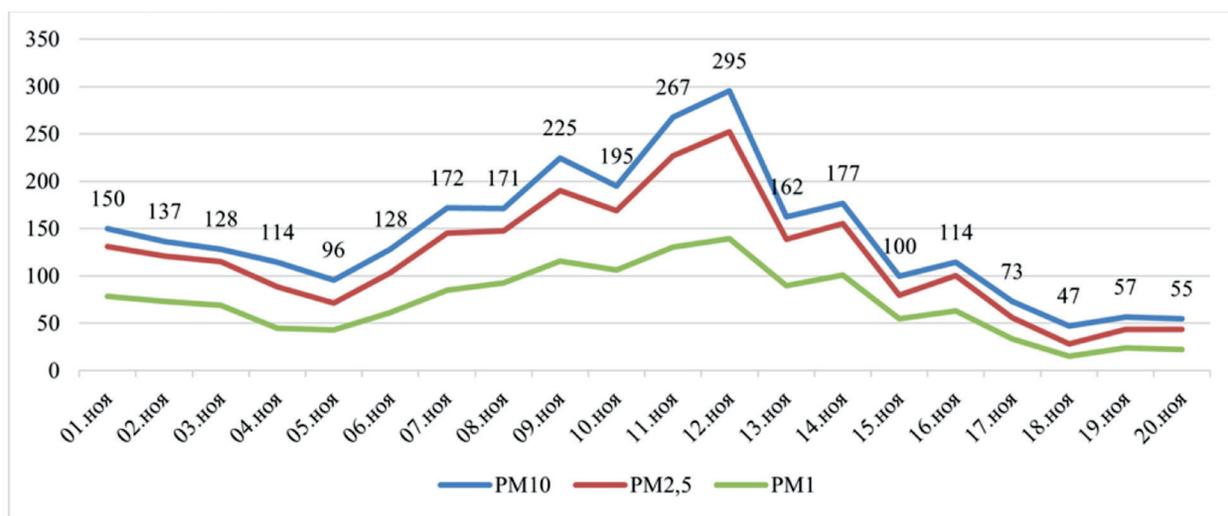


Рис. 6. Показатели концентрации PM1, PM2,5 и PM10 (средние за сутки) с 1 ноября по 20 ноября 2021 года

Исходя из полученных результатов, планируется продолжить исследования по развитию систем автоматизированного мониторинга качества атмосферного воздуха с целью определения наиболее оптимальных подходов интеграции индикативных систем и использования данных для картирования, прогнозирования

и учета данных в процессе планирования. Реализованные исследования, основанные на разработке и использовании таких систем в Таджикистане, представлены весьма в ограниченном количестве, что отмечает важность продолжения научных работ, которые будут учитывать местный климат, природные факторы и науч-

но-правовую базу Республики Таджикистан.

Выводы: 1. Проблема загрязнения атмосферного воздуха, является глобальной проблемой, решение которой требует больших финансовых вложений и применения регионального подхода, так как решение проблемы отдельно взятого города или территории не ограничит поступление воздушных масс с других регионов.

2. В контексте Республики Таджикистан, в силу ограниченного доступа к новым технологиям и достаточным средствам финансирования, отмечается острая нехватка данных, связанных с загрязнением воздуха. Как результат анализ, прогнозирование или разработка конкретных рекомендаций, основанных на расчетах и изучении данных является труднодостижимой задачей.

3. Результаты проведенного анализа по различным регионам показали, что недорогие датчики обладают большим потенциалом для получения данных о качестве воздуха в странах с ограниченными ресурсами. Их стоимость, а также высокая степень корреляции ( $R^2 > 0,8$ ) с эталонными датчиками, делают их привлекательным инструментом для устранения пробелов в данных о загрязнении воздуха мелко-дисперсионной пылью в городах.

4. Используя глобальный опыт, и с учетом ограниченных возможностей по развертыванию автоматизированной системы мониторинга качества воздуха на ближайшую перспективу и применение индикативных систем мониторинга, является одним из путей решения создания онлайн системы мониторинга и сбора данных.

Знание особенностей накопления и рассеивания в атмосфере загрязняющих веществ, в зависимости от отдельных метеорологических элементов и условий, позволит более достоверно прогнозировать характер и степень возможного загрязнения, а также грамотно и обосновано пла-

нировать мероприятия по предотвращению и минимизации последствий такого загрязнения.

**Список литературы:**

1. Глобальные рекомендации ВОЗ по качеству воздуха: твердые частицы (PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub>), озон, диоксид азота, диоксид серы и оксид углерода. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228> (дата обр. 23.02.2024г.)
2. Спутниковые данные PM<sub>2,5</sub> - <https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/> (дата обращения 23.02.2024г.) Карта создана Джейм Тернером, данные взяты из книги Аарона ван Донкелаара и др. 2021 г. (глобальная модель поверхностного значения PM<sub>2.5</sub> V5.GL.03), цветовое кодирование с использованием среднегодовых показателей PM<sub>2.5</sub>.
3. Макдаффи Е.Е., Мартин Р.В., Спадаро Дж.В. и др.- Вклад сектора источников и топлива в выбросы PM<sub>2.5</sub> в окружающую среду и связанную с ними смертность в различных пространственных масштабах. // Научный журнал «Nature communications», -2021г вып. №12(1), стр.3594. (данные, проанализованы в сетке, накладывающейся на воздушный бассейн г. Душанбе).
4. Чистый воздух и прохладная планета: экономически эффективное управление качеством воздуха в Казахстане и его влияние на выбросы парниковых газов». - Всемирный банк, 2022 г.- том II: Комплексное управление качеством воздуха и сокращение выбросов парниковых газов для Алматы и Нур-Султана. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/a2f45a9d-a153-5f79-a6fb-c433c03b50ad>
5. Analysis of the driving factors of PM<sub>2.5</sub> concentration in the air: A case study of the Yangtze River Delta, China Guoyu Xua,b,c,d, XiaodongRenc, Kangning

- Xiong, d, Luqi Lie , XuechengBie , ства воздуха населенных пунктов».
- Qinglin Wu, journal homepage: www. 7. РД 52.04.186-89. Руководство по кон-  
elsevier.com/locate/ecolind 2020 троллю загрязнения атмосферы.
6. ГОСТ 17.2.3.01—86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля каче-

## ТАТБИҚИ СИСТЕМАҲОИ АВТОМАТИИ МОНИТОРИНГИ СИФАТИ ҲАВО

*Азизов Р.О., Мамадов И.А.*

**Аннотатсия:** Мақолаи мазкур равишҳои мониторинги сифати ҳаворо дар асоси заминаи меъ-  
ёриро ҳуқуқи Чумҳурии Тоҷикистон бо равишҳои глобалӣ ва ҳамгироии системаҳои мониторингӣ  
баррасӣ менамояд. Натиҷаҳои глобалии ҷамъоварӣ ва баррасии нишондодҳо, инчунин таҷрибаи  
ташкили шабакаи мониторингӣ дар шаҳри Хуҷанд ва таҳлили онҳо оварда шудаанд.

**Калидвожаҳо:** ифлосшавии ҳаво, PM2.5, тағирёбии иқлим, атмосфераи рӯизаминӣ, муҳити  
зист, ҳарорат, намӣ, шабакаи мониторинг.

## APPLICATION OF AUTOMATED AIR QUALITY MONITORING SYSTEMS

*Azizov R.O., Mamadov I.A.*

**Annotation:** This article examines approaches to monitoring air quality based on the regulatory  
framework of the Republic of Tajikistan and global approaches to integrating air quality monitoring  
systems. International data collection and visualization examples are provided, as well as experience in  
creating an indicative monitoring network in the city of Khujand.

**Keywords:** air pollution, PM2.5, climate change, atmosphere, environment, temperature, humidity,  
monitoring network.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Азизов Рустам Очилдиевич – д.и.т., проф., академики Академияи  
муҳандисии ҚТ, мудири шӯъбаи Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави АМИТ, Тел.:  
(+992) 918644798. E-mail: rustam.azizov57@gmail.com; Мамадов Икромҷон Аҳмадалиевич – роҳбари Таи-  
килоти ҷамъиятии “Гурӯҳи ҷавонон оид ба ҳифзи атрофи зист”, унвонҷӯи ИМОГваЭ АМИТ, Тел.: (+992)  
927727779. E-mail: ikrom.mamadov@gmail.com.

**Сведения об авторах:** Азизов Рустам Очильдиевич – д.т.н., проф., Академик инженерной академии РТ,  
зав.отделом Центра инновационного развития науки и новых технологий НАНТ, Тел.: (+992) 918644798.  
E-mail: rustam.azizov57@gmail.com; Мамадов Икромҷон Аҳмадалиевич – руководитель ОО «Молодежная  
Группа по Защите Окружающей Среды», соискатель ИВПГЭиЭ НАНТ, Тел.: (+992) 927727779. E-mail:  
ikrom.mamadov@gmail.com.

**Information about authors:** Azizov Rustam Ochildievich - Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Academician of the Engineering Academy of the Republic of Tajikistan, Chief Researcher of the Center for  
Innovative Development of Science and New Technologies of the NAST, Tel.: (+992) 918644798. E-mail: rustam.  
azizov57@gmail.com; Mamadov Ikromjon Akhmadalievich - head of the NGO "Youth Group for Environmental  
Protection", competitor of the IWP, HPandE of the NAST, Phone: (+992) 927727779. E-mail: ikrom.mamadov@  
gmail.com

## МУНОСИБГАРДОНИИ НИШОНДОДҶОИ ФИЗИКИИ КОНСТРУКСИЯҶОИ ТАВОРАВӢ ДАР ШАРОИТИ ИҚЛИМИ ГАРМ

*Амирзода О.Ҳ.<sup>1</sup>, Ғанизода Ҷ.Ш.<sup>2</sup>, Ҳасанов Ф.Н.<sup>1</sup>, Сафарзода Д.Ғ.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ*

<sup>2</sup>*Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ*

**Аннотатсия:** дар ин мақола масъалаҳои муносибгардонии параметрҳои физикии сохторҳои муҳофизатӣ дар шароити иқлими гарм баррасӣ карда мешаванд. Яке аз вазифаҳои асосии тарҳрези биноҳо дар шароити иқлими гарм фароҳам овардани шароити бароҳат дар биноҳо ва ҳамзамон кам кардани хароҷоти энергия дар чараёни сохтмон ва истифодаи биноҳо мебошад. Дар деворҳои беруна, сохторҳои сабуки дорои иқтидори насти гармӣ метавонанд бо шартҳои муҳофизати онҳо аз нурдиҳии мустақими офтоб, ҳангоми мавҷудияти қабати ҳавоии ҳаводор, ки дар он гармии рӯзона тавассути конвексия пароканда мешавад, истифода шаванд.

**Калидвожаҳо:** муносибгардонӣ, биноҳо, иқлим, микроклимат, бароҳатӣ, сохторҳои муҳофизатӣ, талафоти гармӣ, муҳофизати гармӣ, самаранокӣ.

Воситаҳои меъморӣ-сохтмонӣ, ки маҷмӯи сохторҳои муҳофизатии биноҳо, аз ҷумла деворҳо, болопӯшу бомпӯшҳо ва фаршхоро дар бар мегиранд, пеш аз ҳама шароитҳои санитарӣ – беҳдоштиро дар ҳучраҳо муайян намуда, ба ташаккули микроиқлими онҳо таъсир мерасонад ва инчунин хароҷотҳоро барои сохтмон ва истифодаи биноҳоро муқаррар менамоянд.

Дар шароитҳои мушахаси иқлими гарм, интиҳоби конструксияҳои ихтативии муносиби бинову иншоот аз як қатор хусусият ва нишондиҳандаҳои физикии онҳо вобаста мебошад. Бо назардошти он имконияти муайянсозии тавсифи хусусиятҳои физикии конструксияҳо дар шароити тобистона ва зимистона, дар асоси ҳисобҳои дахлдор ва арзёбии муқоисавӣ бо параметрҳои меъёрӣ муяссар мегардад. Масалан, дар асоси меъёрҳои гармитехникӣ оид ба ҳисоб кардани муқовимати зарурии интиқоли гармӣ аз конструксияҳои ихтативии биноҳо сатҳи муайяни талафоти гармӣ тавассути онҳо гузошта шудааст. Сатҳи қабулшудаи талафоти гармии конструксияҳо танҳо аз хусусияти бино вобаста буда, дар биноҳои истиқоматӣ ва як қатор гуруҳи биноҳои ҷамъ-

иятӣ: барои фарши ошёнаи поёнӣ 17,5 Вт/м<sup>2</sup>, барои болопӯшҳои ошёнаи болоӣ 35, барои деворҳои беруна 52, барои тирезаҳо ва дигар конструксияҳои равшанигузарон аз 758 То 120 Вт/м<sup>2</sup> муқаррар шудааст [1].

Барои кам кардани ҳиссаи воридоти гармӣ ба ҳучраҳо тавассути деворҳои беруна, сӯрохиҳои гуногуни конструктивӣ, воситаҳои сояфкан истифода шуда, масолеҳҳои сохтмонӣ, рангуборкунӣ, пайдарҳамии мусоиди ҷойгиршавии қабатҳо конструктиро бо назардошти зичии онҳо интиҳоб мекунанд.

Нақши конструксияҳои ихтативӣ дар кам кардани гармшавии ҳучраҳо бо кам кардани интиқоли гармӣ тавассути ғафсии ин конструксияҳо маҳдуд карда мешавад. Барои ҳисоб кардани интиқоли гармӣ тавассути деворҳо, донишҷӯи бузургии миёнаи ҳарорати ҳавои беруна ва амплитудаи тағйиребии он дар давоми рӯз ва инчунин шиддатнокии радиатсияи офтоб муҳим аст [2].

Деворҳои берунӣ, ки ба ғарб ё шарқ нигаронида шудаанд, дар тобистон дар ҷануб зиёда аз 1/3 гармии воридшавандаро аз нурпошии офтоб қабул менамоянд.

Ҳарорати умумии ҳавои беруна во-  
баста ба ҳарорати ҳавои беруна  $T_b$  ва ҳа-  
рорати аз радиатсияи мустақими офтобии  
 $T_{экв}$  гирифташуда муайян карда мешавад  
[1]:

$$T_{б.ум.} = T_b + T_{экв} \quad (1)$$

Бо бузурги калони  $T_{экв}$  шароити аз ҳад  
зиёд тасфидани биноҳо фароҳам овар-  
да мешавад. Дар ин ҳолат, девор бояд  
дорои гармитобоварии зарурӣ (ин дар  
минтақаҳои гарм дар тобистон махсусан  
муҳим аст), яъне қобилияти нигоҳ дошта-  
ни ҳарорати доимии нисбӣ дар сатҳи до-  
хилӣ бошад. Ба сифати ҳарорати эквива-  
лентӣ ё баробар қисми энергияи офтобии  
ба девор афтада қабул карда мешавад, ки  
онро дар шакли энергияи гармии мавҷи  
дароз аз худ мекунад. Вақте ки дар сатҳи  
берунии ихотадевор бузургии чараёни  
гармӣ ба ҳадди аксар (ё ҳадди ақал) ме-  
расад, ҳарорат дар сатҳи дохилӣ боз чанд  
муддат баланд (паст) мешавад. Ин пади-  
даро гистерези ҳарорат меноманд. Таво-  
раҳои гармиғунҷоиши зиёддошта радиа-  
сияи офтобро чамъ мекунам ва ҳангоми  
паст шудани  $T_b$  ҳаво бегоҳирузиву шабо-

на ва субҳи барвақт онро оҳиста ба муҳи-  
ти ҳавои беруна ва дохилӣ медиҳанд. Гар-  
мидиҳии бадан бо гармиаккумулятсия,  
яъне қобилияти ихроҷ намудани энергия  
бо афканишоти гармӣ мутаносиб аст.  
Таъхири муваққатии чамъшавии гармии  
офтоб аз ҷониби девор омили муҳим ба-  
рои минтақаҳои гарм ва хушк бо тафо-  
вути зиёди ҳарорати шабонарӯзии ҳавои  
беруна мебошад. Дар ин ҳолат бояд мақ-  
сад ва вақти истифодаи биноро дар назар  
дошт.

Хучраҳое, ки асосан субҳ истифода ме-  
шаванд (хучраҳои таълимӣ, аудиторияҳо,  
бозорҳои пӯшида ва ғайра) метавонанд  
дар давоми рӯз гарм шуда, дар хучраҳои  
истиқоматӣ бошад бояд то бегоҳ ҳавои  
салқин нигоҳ дошта шавад. Хучраҳои  
хоб, ки танҳо шабона истифода меша-  
ванд, метавонанд рӯзона гарм шаванд,  
аммо шабона ҳарорат бояд дар онҳо паст  
шавад. Бо афзоиши вазни ҳаҷмии мавод  
ва гармиғунҷоиши он, таъхири чамъша-  
вии гармӣ дар дарвоми вақт меафзояд  
(ҷадвали 1).

Ҷадвали 1

Вобастагӣ таъхири чамъшавии гармӣ аз афзоиши  
массаи ҳаҷмии мавод ва иқтидори гармии он [1]

Мосолеҳи девор	Ҷафсии девор (мм)	Таъхири вақт (с)	Мосолеҳи девор	Ҷафсии девор (мм)	Таъхири вақт (с)
1	2	3	4	5	6
Санг	200	5,5	Хишт	100	2,3
	300	8		200	5,5
	400	10,5		300	8,5
	600	15,5		400	12,0
Бетон	50	1,1	Чӯб	25	0,45
	100	2,5		50	1,3
	150	3,8	Лавҳаҳои гармимухо- физ	25	0,23
	200	5,1		50	0,77
	300	7,8		100	2,7
	400	10,2		150	5,0

Таъхири гармидиҳии дохилии деворҳо барои ҳучраҳои хизматӣ набояд аз 6 соат ва барои биноҳои истиқоматӣ на камтар аз 9-12 соат бошад. Конструксияҳои сабуки дорои гармиғунҷоиши паст метавонанд бо шартҳои муҳофизати онҳо аз нурпошии мустақими офтоб, бо пешбинӣ намудани қабати ҳавогузар (вентилятсия) истифода шаванд. Дар онҳо гармии дар як рӯз ҷамъшуда бо роҳи ба таври конвективӣ хориҷ кардани гармии зиёдагии девор зуд пароканда мешавад. Самаранокии чунин конструксияи деворҳо (ё бомпушҳо) ҳангоми истифодаи масолеҳҳои дорои қобилияти баланди инъикос дар сатҳи дохилии қабатҳо меафзояд.

Инчунин бояд дар хотир дошт, ки фарқияти ҳарорат дар дохили ҳучраҳо ва дар сатҳи девору шифтҳо, ки набояд дар шароити тобистон аз 4,5-5 °C зиёд бошад. Дар акси ҳол, нишондиҳандаҳои бароҳатии муҳити дохилӣ бадтар мешаванд. Сатҳи берунии деворҳо дар зери таъсири бевоситаи қисми инфрасурхи нури офтоб вобаста ба альбеда ва коэффитсиенти гармиағзудкунии сатҳи он гарм мешавад [3].

Миқдори гармии тавассути девор интиқолёфта аз коэффитсиенти сатҳи девор вобаста аст, ки мувофиқи ранг ва тобиш тағйир меёбад. Иваз кардани андоваи ранги хокистарӣ ва ноҳамвори девор ба ранги сафед ва ҳамвор гармшавии онро тақрибан 12 °C коҳиш медиҳад. Ранги рӯбероиди сафед дар муқоиса бо сиёҳ, пастшавии миёнаи ҳарорати сатҳро 8-16 °C ва 25% пастшавии миқдори гармии ба ҳучра интиқолёфтара таъмин менамояд.

Муносибгардонии хусусиятҳои физикии деворҳои берунии биноҳо дар иқлими гарм ба танзими гармиустувории онҳо дар шароити тобистон ва зимистон рост меояд. Тавораҳои вазнин бузургии калони инерсияи гармии "Д" дорои хусусияти гармиустувории баланд мебошанд. Аммо, деворҳои вазнин, ки одатан ғафсии калон доранд, дар шароити сохтмони саноатӣ аз сабаби вазни зиёд, харочоти

мавод, арзиши меҳнати сохтани онҳо намуди оптималии девор нестанд. Дар минтақаҳои зилзиланок намудҳои сабуки конструксияҳои девору бомпушҳо, ки вазни биноҳоро коҳиш медиҳанд, афзалият доранд. Пастшавии таъсири гармӣ аз радиатсияи офтоб дар конструксияҳои берунии муҳофизатӣ тавассути истифодаи сояафканӣ, қабати ҳавогузар бо истифодаи маводи самараноки сабук барои девору бомпушҳо ва албатта, танзими сунъии микроиқлими дохилии биноҳо таъмин карда мешавад.

Бояд қайд кард, ки гармиустуворӣ аз андозаи муқовимати интиқоли гармӣ, гармиғунҷоиши масолеҳи деворҳо, пайдарапайи ҷойгиршавии қабатҳои деворҳо ва шароити интиқоли сарбории гармӣ вобастагии мустақим дорад.

Ҳамин тариқ, муносибгардонии параметрҳои физикии конструксияҳои ихтативӣ сатҳи гармимуҳофизии биноҳоро баланд намуда, харочоти сӯзишворӣ ва энергияро дар сохтмон коҳиш медиҳад. Дар ин ҳолат истифодаи бечунучарои ҳалҳои мукаммали конструктивӣ ва маводҳои самаранок, ҳалли мақсадноки ҳаҷмиву тарҳӣ, системаҳои мукаммали гармидиҳӣ, вентилятсия ва кондиционеронӣ, интиқоли дурусти самти нигаронии биноҳо ба тарафҳои уфуқ, системаҳои офтобмуҳофизӣ муҳим мебошад.

#### **Рӯйхати адабиёти истифодашуда**

1. Нигматов И.И. Особенности архитектурно-строительного проектирования зданий, возводимых в условиях жаркого климата Центральной Азии / Таджики НИИТИ. – Душанбе, 1993. - 216с.
2. Каримов Н.М. Защита помещения от перегрева в условиях жаркого климата (на примере Таджикистана) / Н.М. Каримов, Я.Х. Ризоев // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с международным участием научно-практиче-

- ской конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2020. – Том I. – 260 с.
3. Каримов Н.М. Проектирование энергоэффективных зданий // Н.М.

Каримов, Д.Ф. Каландаров // АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2022. – 284 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

*Амирзода О.Х., Ганизода Дж.Ш., Хасанов Ф.Н., Сафарзода Д.Г.*

**Аннотация:** в данной статье рассмотрены вопросы оптимизации физических параметров ограждающих конструкций в условиях жаркого климата. Одной из основных задач проектирования зданий в условиях жаркого климата является создание комфортных условий в помещениях при одновременном снижении энергозатрат в процессе строительства и эксплуатации зданий. В наружных ограждениях легковесные конструкции с низкой теплоемкостью могут использоваться при условии защиты их от прямого солнечного облучения, при наличии воздушных вентилируемых прослоек, в которых дневное тепло рассеивается путем конвекции.

**Ключевые слова:** оптимизация, здания, климат, микроклимат, комфорт, ограждающие конструкции, теплопотеря, теплозащита, эффективность.

## OPTIMIZATION OF PHYSICAL PARAMETERS OF ENCLOSING STRUCTURES IN HOT CLIMATES

*Amirzoda O.H., Ganizoda J.Sh. Khasanov F.N., Safarzoda D.G.*

**Abstract:** this article discusses the issues of optimizing the physical parameters of enclosing structures in a hot climate. One of the main tasks of designing buildings in a hot climate is to create comfortable indoor conditions while reducing energy consumption during the construction and operation of buildings. In outdoor enclosures, lightweight structures with low heat capacity can be used provided they are protected from direct sunlight, in the presence of ventilated air layers in which daytime heat is dissipated by convection.

**Keywords:** optimization, buildings, climate, microclimate, comfort, enclosing structures, heat loss, thermal protection, efficiency.

**Маълумот дар бораи муаллифҳо:** Амирзода Ориф Ҳамид - доктори илмҳои техника, дотсент, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология, АМИТ, Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru; Ганизода Ҷамшед Шуҷоат - номзади меъморӣ, и.в. проф., ДДСТваДТ, Тел.: 904171117, E-mail: Jama@mail.ru; Ҳасанов Фирдавс Нозимшоевич – унвонҷӯи Институт масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология, АМИТ, Тел.: 902000089, E-mail: kapitelh@mail.ru; Сафарзода Дилшод Ганӣ – унвонҷӯи ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ, Тел.: 888864848, E-mail: nozimsho-58@mail.ru.

**Сведения об авторах:** Амирзода Ориф Ҳамид - доктор технических наук, доцент, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. Адрес: г. Душанбе, ул. Айни 14 а. Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru; Ганизода Джамшед Шуджоат – канд. арх., и.в. проф., ГИИИиДТ. Адрес: г. Душанбе, ул. Айни а. Тел.: 904171117, E-mail: Jama@mail.ru; Хасанов Фирдавс Нозимшоевич – соискатель Института воды, гидроэнергетики и экологии АМИТ. Адрес: ш. Душанбе, к. Айни 14 а. Телефон: 902000089, E-mail: kapitelh@mail.ru; Сафарзода Дилшод Гани – соискатель ДТТ имени академика М.С.Осими. Адрес: ш. Душанбе, к. Раджабова 10 а. Телефон: 888864848, Электронная почта: nozimsho-58@mail.ru;

**Information about the authors:** Amirzoda Orif Hamid - Doctor of Technical Sciences, dotsent, Director of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the NAST, tel.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru; Ganizade Jamshed Shujoat-Candidate of Architecture, I.V. Prof., GIIDT, Tel.: 904171117, E-mail: Jama@mail.ru; Khasanov Firdavs Nozimshoevich – applicant for the Institute of Water, Hydropower and Ecology NAST, Phone: 902000089, E-mail: kapitelh@mail.ru; Safarzoda Dilshod Ghani is an applicant for the M.S.Osimi TTU. Phone: 888864848, E-mail: nozimsho-58@mail.ru.

## ҚОИДАҲО БАРОИ МУАЛЛИФОНИ

Маҷаллаи илмӣ «Захираҳои об, энергетика ва экология»-и

Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи

Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Мақолаҳои илмӣ, ки барои нашр ба маҷалла пешниҳод мегарданд, бояд ба талаботи зерин ҷавобгӯ бошанд: а) мақолаи илмӣ бояд бо назардошти талаботи муқаррарнамудаи маҷалла омода гардида бошад; б) мақола бояд натиҷаи тадқиқоти илмӣ бошад; в) мавзӯи мақола бояд ба яке аз самтҳои илмӣ маҷалла мувофиқат намояд.

Мақолаҳое, ки дар матни онҳо маводи дигар муаллифон бе овардани иқтибос истифода шудаанд, ба баррасии марҳилаҳои навбатӣ пешниҳод намегарданд ва ин гуна мақолаҳо дар маҷалла ба ҷоп роҳ дода намешаванд.

Талабот нисбат ба таҳияи мақолаҳои илмӣ:

Матни мақола бояд дар формати Microsoft Word омода гардида, бо ҳуруфи Times New Roman барои матнҳои русӣ ва англисӣ ва бо ҳуруфи Times New Roman Tj барои матни тоҷикӣ таҳия гардида, дар матн ҳаҷми ҳарфҳо 14, ҳошияҳо 2,5 см ва фосилаи байни сатрҳо бояд 1,5 мм бошад.

Формулаҳо, аломатҳо ва нишонаҳои ҳарфҳои бузургҳо бояд дар муҳаррири формулаи Microsoft Equation ва ё Math Type (ҳуруфи 12) ҳуруфчинӣ карда шаванд. Танҳо он формулаҳо, ки ба он истинод оварда шудаанд, рақамгузорӣ карда мешаванд.

Нақшаҳо, схемаҳо, диаграммаҳо ва расмҳо бояд рақамгузорӣ карда шаванд ва инчунин, онҳо бояд номи шарҳдиҳанда дошта бошанд.

Ҳаҷми мақола бо формати А4 бо назардошти рӯйхати адабиёти истифодашуда ва аннотатсияҳо аз 10 то 15 саҳифа бояд дар бар гирад.

Сохтори мақола бояд бо тартиби зерин таҳия гардад:

1. Индекси УДК барои мақола;
2. Номи мақола;
3. Насаб ва дар шакли ихтисор ном ва номи падар (намуна: Курбонов Н.Б.);
4. Номи муассисае, ки дар он муаллиф (он) қору фаъолият менамояд (янд), нишони муассиса, шаҳр, кишвар.
5. Матни асосии мақола;
6. Рӯйхати адабиёти истифодашуда (на камтар аз 10 номгӯй ва на бештар аз 20 номгӯйи адабиёти илмӣ).
7. Номи мақола, аннотатсия ва калидвожаҳо (агар мақола бо забони тоҷикӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои русӣ ва англисӣ; агар мақола бо забони русӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои тоҷикӣ ва англисӣ; агар мақола бо забони англисӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои тоҷикӣ ва русӣ таҳия гарданд).
8. Аннотатсия дар ҳаҷми на камтар аз 5-7 сатр ва калидвожаҳо аз 5 то 10 номгӯ бояд таҳия карда шаванд;
9. Дар охири мақола бо ду забон (русӣ ва англисӣ) маълумот дар бораи муаллиф (он) бо тартиби зерин нишон дода шаванд: насаб, ном ва номи падар (пурра), дараҷаи илмӣ ва унвони илмӣ (агар бошанд), номи муассисае, ки дар он муаллиф қору фаъолият менамояд, вазифаи ишғолнамуда, телефон, e-mail.

Ҳангоми иқтибосоварӣ адабиёти истифодашуда ва саҳифаи мушаххаси он бояд дар қавси ҷаҳоркунча [] нишон дода шаванд. Намуна: [7, с.107], яъне адабиёти №7 ва саҳифаи 107.

Эътимоднокии маводҳо ба зиммаи муаллиф (муаллифон) гузошта мешавад.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**  
**Научного журнала «Водные ресурсы, энергетика и экология»**  
**Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии**  
**Национальной академии наук Таджикистана**

Научные статьи, представленные для публикации в журнале, должны соответствовать следующим требованиям: а) научная статья должна быть подготовлена в соответствии с требованиями, установленными журналом; б) статья должна быть результатом научных исследований; в) тема статьи должна соответствовать одному из научных направлений журнала.

Статьи, в тексте которых использованы материалы других авторов без цитирования, не будут переданы на дальнейшее рассмотрение и такие статьи не будут допущены к публикации в журнале.

Требования к оформлению научных статей:

Текст статьи должен быть подготовлен в формате Microsoft Word, шрифтом Times New Roman для русского и английского текста и Times New Roman Tj для таджикского текста, кегль 14, поля 2,5 см со всех сторон, интервал 1,5 мм.

Формулы, символы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation или Math Type (шрифт 12). Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

Таблицы, схемы, диаграммы и рисунки нужно сгруппировать и пронумеровать, а также, они должны иметь название.

Объем статьи (включая аннотацию и список литературы) должен быть в пределах от 10 до 15 страниц в формате А4.

Статья должна иметь следующую структуру:

1. Индекс УДК на статью;
2. Название статьи;
3. Фамилия и инициалы автора (пример: Курбонов Н.Б.);
4. Название организации, в которой работает автор (ы) статьи, почтовый адрес организации, город, страна;
5. Основной текст статьи;
6. Список использованной литературы (не менее 10 и не более 25 наименований научной литературы);
7. Название статьи, аннотация и ключевые слова на трех языках: таджикском, русском и английском;
8. Аннотация оформляется в объеме не менее 5-7 строк, ключевые слова от 5 до 10 слов или словосочетаний;
9. В конце статьи на трех языках (таджикском, русском и английском) сведения об авторе (ах) в следующем порядке: ФИО автора (ов) полностью, ученая степень и ученое звание (если имеются), название организации, в которой работает автор (ы), должность, телефон, e-mail.

При цитировании конкретного материала ссылки указываются в квадратных скобках [ ].  
Образец: [7, с.107], т.е., литература 7 и страница 107.

За достоверность материалов ответственность несет автор (ы).

**RULES FOR THE AUTHORS**  
**of the Scientific Journal “Water resources, energetics and ecology”**  
**of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology**  
**of the National Academy of Sciences of Tajikistan**

Scientific articles submitted for publication in the journal must meet the following requirements: a) the scientific article must be prepared in accordance with the requirements established by the journal; b) the article must be the result of scientific research; c) the topic of the article must correspond to one of the scientific directions of the journal.

Articles in the text of which materials of other authors are used without citation will not be submitted for further consideration and such articles will not be allowed for publication in the journal.

Requirements for the design of the scientific articles:

The text of the article should be prepared in Microsoft Word format, in Times New Roman font for Russian and English text and Times New Roman Tj for Tajik text, size – 14, fields – 2.5 cm from all directions, interval – 1.5.

Formulas, symbols and letter designations of quantities must be typed in the formula editor Microsoft Equation or Math Type (font 12). Only those formulas to which there are references are numbered.

Tables, diagrams, diagrams and figures must be grouped and numbered, and also, they must have a name.

The volume of the article (including annotation and bibliography) should be in the range of 10 to 15 pages of A4 format.

The article should have the following structure:

1. UDC index per article;
2. Title of the article;
3. Surname and initials of the author (example: Kurbonov N.B.);
4. The name of the organization in which the author (s) of the article works, the postal address of the organization, city, country;
5. The main text of the article;
6. List of used literature (no less than 10 and no more than 25 titles of scientific literature).
7. Title of the article, abstract and keywords (if the article is in Tajik, the abstract and keywords are drawn up in Russian and English; if the article is in Russian, the abstract and keywords are made out in Tajik and English; if the article is in English, abstract and keywords are drawn up in Tajik and Russian).
8. Annotation is drawn up in the amount of at least 5-7 lines, keywords from 5 to 10 words or phrases;
9. At the end of the article, in two languages (Russian and English), information about the author (s) in the following order: full name of the author (s), academic degree and academic title (if any), name of the organization in which the author (s) works, position, phone, e-mail.

When citing specific material, links are indicated in square brackets []. Sample: [7, p.107], that is, the literature No.7 and page 107.

The author (s) is responsible for the accuracy of the information.